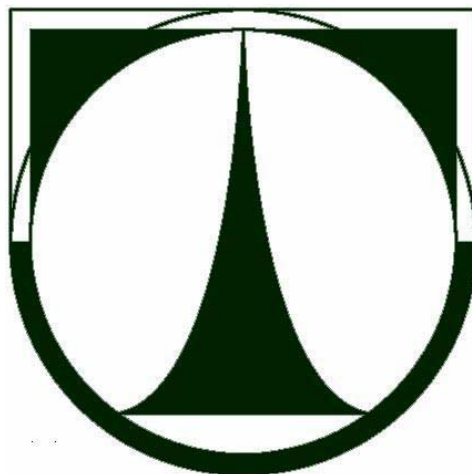


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2011

Lukáš Vacek

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program: M2301 Strojní inženýrství
Obor: 2302T010 Konstrukce strojů a zařízení
Zaměření: Kolové dopravní a manipulační stroje

Zdvih výložníku shazovacího vozu

Lifting boom off dropping machinery

DP-FS-KVM-626

Lukáš Vacek

Vedoucí práce: Doc. Dr. Ing. Pavel Němeček – TU v Liberci, KVM
Konzultant: Ing. Jakub Krása, Ph.D.; vedoucí projekce Praha – NOEN a.s.

Počet stran: 78

Počet příloh: 11

Počet výkresů: 12

Datum odevzdání: 27. 5. 2011

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci, 27. 5. 2011

Anotace

Předmětem diplomové práce „Zdvih výložníku shazovacího vozu“ je návrh pohonu zdvihu výložníkové části stroje prostřednictvím zdvihového vrátku s lanovým navíjecím bubnem. V první části je uveden základní popis stroje, jeho jednotlivé celky a základní technické parametry. Druhá část obsahuje vlastní návrh komponentů vrátku, který vychází ze zadaného zatížení vykládacího výložníku. Poslední část se zabývá pevnostními a kontrolními výpočty vybraných součástí navrženého systému zdvihového vrátku. Výsledkem této práce je navržení využitelného řešení zdvihového vrátku pro shazovací vůz, aby bylo možné vypracovat firmou NOEN, a.s. výrobní dokumentaci a následně tento systém využít na shazovacím voze SV 1800H/01.

Klíčová slova

Shazovací vůz, zdvihový vrátek, kladkostroj, kotoučová spojka,

Anotation

The thesis, entitled “Lifting boom off dropping machinery“ is propelled lifting boom design of the machine through the cylinder with rope winch reel. The first section provides a basic description of the machine, individual units and technical parameters. The second part contains design components of the winch, which is based on the given loading – unloading boom. The last section addresses strength calculations and inspection of selected components of the proposed mast winch. The result of this work is to propose a solution usable for dropping winch cylinder to be worked out by company NOEN, product documentation followed by possible usage on the dropping machinery 1800H/01.

Keywords

Dropping machinery, engine winch, pulley, clutch disc

Poděkování

Touto cestou si dovoluji poděkovat Doc. Dr. Ing. Pavlu Němečkovi za vstřícný přístup, trpělivost, odborné vedení a cenné rady, které mi pomohly vytvořit tuto práci. Současně bych chtěl poděkovat i Ing. Jakubovi Krásovi, Ph.D., za jeho ochotnou pomoc a poskytování konzultací ohledně řešení návrhu zdvihového vrátku. V neposlední řadě si poděkování zaslouží i moje rodina, za podporu v průběhu celého studia a za trpělivost, kterou se mnou měla po dobu řešení této diplomové práce.

Obsah

| | |
|---|----|
| Úvod | 16 |
| 1 Shazovací vůz SV 1800H | 17 |
| 1.1 Popis stroje | 17 |
| 1.1.1 Základní technické parametry shazovacího vozu | 18 |
| 1.1.2 Podvozek | 19 |
| 1.1.3 Smyčková část (SMČ) | 19 |
| 1.1.4 Otočná část | 22 |
| 1.1.5 Výložník | 23 |
| 1.1.6 Náběžný díl | 23 |
| 1.1.7 Vybavení shazovacího vozu | 24 |
| 1.2 Systém zdvihu výložníku | 25 |
| 1.3 Silový rozbor kladkostroje | 27 |
| 2 Výpočet a návrh zdvihového vrátku | 28 |
| 2.1 Výpočet síly v laně pro výložník – statické zatížení | 28 |
| 2.2 Rychlost vinutí lana | 30 |
| 2.3 Návrh hnacího ústrojí zdvihového vrátku | 32 |
| 2.3.1 Návrh elektromotoru | 32 |
| 2.3.2 Návrh převodovky | 33 |
| 2.3.3 Parametry vybraného hnacího agregátu a převodové skříně | 38 |
| 2.4 Dynamická složka síly zatížení vrátku | 40 |
| 2.5 Návrh spojky za motorem | 42 |
| 2.6 Návrh hřídele lanového bubnu | 45 |
| 2.7 Návrh spojky za převodovkou | 48 |
| 2.8 Brzda pohonu vrátku | 51 |
| 3 Pevnostní kontrola | 53 |
| 3.1 Kontrola pevnostních šroubů třecí spojky | 53 |
| 3.2 Kontrola dovoleného tlaku na třecí ploše spojky | 54 |
| 3.3 Kontrola pera hřídele lanového bubnu | 55 |
| 3.4 Základní výpočet trvanlivosti ložiska | 57 |
| 3.5 Simulace zatížení hřídele bubnu | 60 |
| Závěr | 63 |

Seznam ilustrací

| | |
|---|----|
| Obr. 1.1a: Shazovací vůz SV 1800H/01 | 17 |
| Obr. 1.1b: Housenicový podvozek | 19 |
| Obr. 1.1c: Smyčková část | 19 |
| Obr. 1.1d: Otočná část | 22 |
| Obr. 1.1e: Vykládací výložník | 23 |
| Obr. 1.1f: Náběžný díl | 23 |
| Obr. 1.2a: Uspořádání zdvihového vrátku | 25 |
| Obr. 1.2b: Schéma provedení lanového kladkostroje | 26 |
| Obr. 1.2c: Schéma zdvihu výložníku shazovacího vozu SV 1800H | 26 |
| Obr. 1.3a: Silové zatížení jednotlivých kladek zdvihu výložníku | 27 |
| Obr. 2.1a: Statické zatížení vykládacího výložníku | 28 |
| Obr. 2.2a: Určení rychlosti odvíjení lana na výložníku | 31 |
| Obr. 2.3a: Elektromotor SIEMENS | 38 |
| Obr. 2.3b: Čelní převodovka SEW EURODRIVE | 39 |
| Obr. 2.4a: Schéma silového zatížení lanových bubnů | 41 |
| Obr. 2.5a: Spojka REXNORD OMEGA | 44 |
| Obr. 2.6a: Poloha lanových bubnů | 46 |
| Obr. 2.6b: Uložení a silové zatížení hřídele lanového bubnu | 47 |
| Obr. 2.7a: Hlavní rozměry třecí kotoučové spojky | 49 |
| Obr. 2.7b: Třecí kotoučová spojka | 51 |
| Obr. 3.4a: Složky síly působící na buben v krajní poloze lana | 57 |
| Obr. 3.5a: Schema zatížení hřídele pro simulaci | 60 |
| Obr. 3.5b: Rozložení napětí na hřídeli | 61 |
| Obr. 3.5c: Zkroucení hřídele | 61 |
| Obr. 3.5d: Průhyb hřídele | 62 |

Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tab. 2.1A: Stavy zatížení výložníku | 29 |
| Tab. 2.1B: Celková síla v zavěšení výložníku pro jednotlivé provozní stavy stroje..... | 30 |
| Tab. 2.3A: Typy vyhovujících motorů SIEMENS s vysokou účinností (ozn.1LG6) | 33 |
| Tab. 2.3B: Minimální poměr roztečného průměru bubnu k jmenovitému průměru lana.... | 34 |
| Tab. 2.3C: Návrh převodovky – vypočítané hodnoty dle katalogu SEW | 36 |

Seznam použitých zkratek, značek a symbolů

| Symbol | Název | Jednotka |
|--------------------|---|----------|
| B_L | šířka ložiska lanového bubnu | [mm] |
| b_P | šířka navrženého pera na hřídeli lanového bubnu | [mm] |
| C_r | dynamická únosnost ložiska | [N] |
| D_B | roztečný průměr lanového bubnu | [mm] |
| d_H | minimální průměr hřídele lanového bubnu | [mm] |
| D_{KS} | šířka otvoru stranového montážního klíče matice | [mm] |
| d_L | vnitřní průměr ložiska hřídele lanového bubnu | [mm] |
| D_L | vnější průměr ložiska hřídele lanového bubnu | [mm] |
| D_M | průměr hřídele motoru | [m] |
| D_{OS} | průměr otvoru pro šroub třecí spojky | [mm] |
| D_{P1} | průměr vstupního hřídele převodovky | [m] |
| D_{P2} | průměr výstupního hřídele převodovky | [m] |
| DPD | dálková pasová doprava | |
| D_{PS} | střední průměr stykové plochy matice a podložky | [mm] |
| d_{S1} | připojovací průměr hřídele lanového bubnu na třecí spojku | [mm] |
| d_{S2} | připojovací průměr výstup. hřídele převodovky na třecí spojku | [mm] |
| D_{ST} | vnější průměr třecí plochy spojky | [mm] |
| d_{ST} | vnitřní průměr třecí plochy spojky | [mm] |
| d_{Z2} | střední průměr závitu šroubu na třecí spojce | [mm] |
| d_{Z3} | průměr jádra závitu šroubu na třecí spojce | [mm] |
| e | součinitel zatížení ložiska | [–] |
| F_F | součinitel zatížení převodovky | [–] |
| F_L | celková síla působící na lanový buben | [N] |
| F_{La} | axiální složka síly působící na lanový buben | [N] |
| F_{LC} | celková síla působící na výložník | [N] |
| F_{LD} | dynamická síla působící na lanový buben | [N] |
| F_{LDC} | dynamická síla působící na výložník | [N] |
| F_{LP} | celková síla působící na lanový buben v provozním stavu při jednostranném zatížení | [N] |
| F_{Lr} | radiální složka síly působící na lanový buben | [N] |
| F_{Lr1}, F_{Lr2} | radiální reakce působící v ložiskách uložení hřídele bubnu | [N] |
| F_{LS} | statická síla působící na lanový buben | [N] |

| | | |
|--------------|--|----------------------|
| F_{LSC} | statická síla působící na výložník | [N] |
| F_{LSC}' | statická síla v zavěšení nezátíženého výložníku | [N] |
| F_{LSP} | statická složka síly působící na lanový buben v provozním stavu při jednostranném zavěšení výložníku | [N] |
| F_{OD} | dovolená osová síla šroubu | [N] |
| F_Q | síla předpětí šroubového spoje | [N] |
| f_s | součinitel tření spojky | [-] |
| F_{Smin} | provozní součinitel převodovky | [-] |
| F_{start} | spouštěcí součinitel převodovky | [-] |
| f_Z | součinitel tření mezi plochami závitu šroubu a matice | [-] |
| g | konstanta tíhového zrychlení ($g = 9,81$) | [m s ⁻²] |
| h_p | výška navrženého pera na hřídeli lanového bubnu | [mm] |
| i_F | silový převodový poměr kladkostroje | [-] |
| i_p | celkový převodový poměr převodovky | [-] |
| i_{PS} | počet per použitých na hřídeli lanového bubnu | [mm] |
| i_s | počet šroubových spojů na třecí spojce | [-] |
| i_v | kinematický převodový poměr kladkostroje | [-] |
| J_b | moment setrvačnosti brzdového bubnu | [kg m ²] |
| J_M | moment setrvačnosti motoru | [kg m ²] |
| J_{S1} | moment setrvačnosti spojky za motorem | [kg m ²] |
| k | součinitel bezpečnosti | [-] |
| k_w | součinitel bezpečnosti přenosu momentu třecí spojky | [-] |
| L | základní trvanlivost ložiska | [10 ⁶ ot] |
| L_h | životnost ložiska | [h] |
| l_p | délka navrženého pera na hřídeli lanového bubnu | [mm] |
| M_b | brzdový moment | [Nm] |
| M_C | celkový klopný moment v daném provozním stavu | [Nm] |
| M_i | klopný moment vyvolaný daným zatížením výložníku | [Nm] |
| m_i | hmotnost dílčího zatížení výložníku | [kg] |
| M_{K2D} | dovolená hodnota krouticího momentu převodovky | [Nm] |
| M_{KB} | krouticí moment na hřídeli lanového bubnu | [Nm] |
| M_{KP2} | krouticí moment na výstupním hřídeli převodovky | [Nm] |
| M_{KP2max} | maximální hodnota krouticího momentu převodovky | [Nm] |
| $M_{KP2pož}$ | požadovaný krouticí moment na výstupu převodovky | [Nm] |
| M_M | krouticí moment motoru | [Nm] |
| M_{NP2} | jmenovitý krouticí moment převodovky (výstupní) | [Nm] |

| | | |
|-------------|--|----------------------|
| M_{NS1} | jmenovitá hodnota krouticího momentu spojky 1 | [Nm] |
| M_{omax} | maximální ohybový moment působící na hřídel bubnu | [Nm] |
| M_{red} | redukovaný ohybový moment | [Nm] |
| M_{S1} | hodnota přenášeného krouticího momentu na spojce 1 | [Nm] |
| M_{TS} | třecí moment spojky | [Nm] |
| M_U | utahovací moment šroubového spoje | [Nm] |
| M_{UD} | dovolený utahovací moment šroubu na třecí spojce | [Nm] |
| m_V | hmotnost samostatného výložníku | [kg] |
| M_{ZU} | odporový moment v závitu šroubu | [Nm] |
| n_B | otáčky hřídele lanového bubnu | [min ⁻¹] |
| n_M | jmenovité otáčky elektromotoru | [min ⁻¹] |
| n_P | počet otáček brzdného bubnu pro zastavení | [-] |
| n_{P1} | otáčky vstupního hřídele převodovky | [min ⁻¹] |
| n_{P2} | otáčky výstupního hřídele převodovky | [min ⁻¹] |
| $n_{P2pož}$ | požadované otáčky výstupního hřídele převodovky | [min ⁻¹] |
| OK | ocelová konstrukce | |
| p | exponent typu ložiska | [-] |
| P_C | celkový výkon pro zvednutí výložníku | [W] |
| P_h | stoupání závitu šroubu na třecí spojce | [mm] |
| P_L | výkon pro zvednutí na jedné větvi kladkostroje | [W] |
| P_L | ekvivalentní zatížení ložiska | [N] |
| P_M | výkon hnacího agregátu (elektromotoru) | [W] |
| P_{NP1} | jmenovitý výkon převodovky (vstupní) | [W] |
| p_P | tlak působící na pero hřídele bubnu | [MPa] |
| P_{P1} | výkon na vstupním hřídeli převodovky | [W] |
| P_{P2} | výkon na výstupním hřídeli převodovky | [W] |
| p_{PD} | dovolený tlak působící na pero hřídele bubnu | [MPa] |
| p_S | tlak ve stykové ploše kotoučů třecí spojky | [MPa] |
| p_{SD} | dovolená hodnota tlaku mezi kotouči třecí spojky | [MPa] |
| R_{0S} | poloměr roztečné kružnice šroubových spojů na spojce | [mm] |
| R_e | mez kluzu vybraného materiálu hřídele | [MPa] |
| r_i | rameno působení dílčího zatížení výložníku | [mm] |
| r_T | rameno působení tíhy výložníku od otočného uložení | [mm] |
| SF | provozní součinitel spojky za motorem | [-] |
| SMČ | smyčková část shazovacího vozu | |
| SR | skrývkový řez | |

| | | |
|----------------------|--|------------------------|
| S_t | teplotní součinitel spojky za motorem | [–] |
| SV | shazovací vůz | |
| t_b | brzdňý čas pro zastavení | [s] |
| T_V | poloha těžiště samostatného výložníku | |
| v_A | rychlost pohybu špičky výložníku | [m s ⁻¹] |
| v_B | rychlost pohybu výložníku v místě zavěšení | [m s ⁻¹] |
| v_L | rychlost navíjení lana na lanový buben | [m s ⁻¹] |
| v_{LV} | rychlost pohybu lana na výložníku | [m s ⁻¹] |
| x_B | šířka lanového bubnu | [mm] |
| x_H | délka hřídele lanového bubnu | [m] |
| x_K | vzdálenost převáděcí kladky od osy lanového bubnu | [mm] |
| x_L | vzdálenost ložisek na lanovém bubnu | [m] |
| x_{LV}, y_{LV} | souřadnice působení lana vzhledem k uložení výložníku | [mm] |
| x_{SV} | vzdálenost špičky výložníku vzhledem k jeho uložení | [mm] |
| Y_1, Y_2 | koeficienty axiálního zatížení ložiska | [–] |
| y_K | vzdálenost převáděcí kladky od středové osy otočné části | [mm] |
| α_B | opravný součinitel | [–] |
| α_L | úhel náběhu lana na lanový buben | [°] |
| α_V | úhel působení lana na výložník v podélné rovině | [°] |
| γ_Z | úhel stoupání šroubovice závitu | [°] |
| η_P | mechanická účinnost převodovky | [–] |
| $\sigma_{e\dot{S}}$ | ekvivalentní napětí působící na šroub třecí spojky | [MPa] |
| σ_{oD} | dovolené ohybové napětí materiálu hřídele bubnu | [MPa] |
| σ_{red} | redukované ohybové napětí | [MPa] |
| $\sigma_{tD\dot{S}}$ | dovolené tahové napětí pro materiál šroubu třecí spojky | [MPa] |
| $\sigma_{t\dot{S}}$ | tahové napětí v nosném průřezu šroubu na třecí spojce | [MPa] |
| $\tau_{k\dot{S}}$ | napětí v krutu v nosném průřezu šroubu na třecí spojce | [MPa] |
| τ_P | smykové napětí působící na pero hřídele bubnu | [MPa] |
| τ_{PD} | dovolené smykové napětí materiálu pera hřídele bubnu | [MPa] |
| φ_b | úhlová brzdňá dráha | [rad] |
| φ_Z' | třecí úhel závitu | [°] |
| ω_m | úhlová rychlost hřídele motoru | [rad s ⁻¹] |

Úvod

Se zvyšující se spotřebou elektrické energie jsou v severočeské oblasti rekonstruovány hnědouhelné elektrárny. Jejich nově instalované výkony vyžadují větší spotřebu hnědého uhlí, které je hlavní surovinou pro výrobu elektrické energie v rámci celé České republiky. V návaznosti na tuto skutečnost je potřeba zvýšit produkci těžby hnědého uhlí v severočeské pánvi. Firma NOEN, a. s., na základě jejíž podkladů je tato diplomové práce zpracována, je hlavním projektantem pro výrobu vysokovýkonného kolesového rypadla pro Doly Bílina, a. s.

Firma NOEN, a. s. navrhuje shazovací vůz SV 1800H/01 popisovaný v této práci, který je určen pro předávání materiálu skřívky a je ve vazbě s novým skřívkovým kolesovým rypadlem KK1300.

Primárním cílem této práce je navrhnout pro shazovací vůz SV 1800H/01 zdvihový lanový vrátek, který bude sloužit ke změně sklonu vykládacího výložníku a k jeho přizpůsobení předávky materiálu skřívky na zakladač.

První kapitola této práce je věnována popisu shazovacího vozu SV 1800H/01 a vymezení hlavních parametrů. Je zde popsán také systém lanového zdvihu pomocí kladkostroje.

Ve druhé kapitole je konstrukční návrh jednotlivých komponentů zdvihového lanového vrátku s navíjecím bubnem, převodovkou, spojkou a typem brzdy pohonu. Kapitola obsahuje také provozní stavy s ohledem na zatížení výložníku, na jehož základě je určena síla působící na lanový buben zdvihového vrátku.

Obsahem poslední kapitoly jsou kontrolní výpočty vybraných komponentů vrátku, jedná se o kontrolu třecí kotoučové spojky, stanovení životnosti ložisek a analýzu zatížení hřídele lanového bubnu.

1 Shazovací vůz SV 1800H

1.1 Popis stroje



Obr. 1.1a: Shazovací vůz SV 1800H/01

Shazovací vůz SV 1800H/01 (obr.1.1a, příloha A) je určen k předávání dopravovaného materiálu skřívky z pásového dopravníku na zakladač. Je součástí příslušenství dálkové pasové dopravy šířky 1800 mm. Běžné nasazení shazovacího vozu je ke směřování dopravy materiálu skřívky v systému pásové dopravy. Účelem nové stavby shazovacího vozu je doplnění výstavby technologické linky DPD (dálkové pasové dopravy) pro 2.SŘ DB (skrývkový řez Doly Bílina) ve vazbě na provoz nového rypadla KK 1300 (kolesové skrývkové rypadlo). Shazovací vůz patří do skupiny pomocných transportních zařízení pro předávání dopravovaného materiálu z dopravníku pasové dopravy na zakladač.

Skládá se z těchto hlavních celků:

- a) Podvozky
- b) Smyčková část
- c) Otočná část

- d) Výložník
- e) Náběžná část
- f) Příslušenství

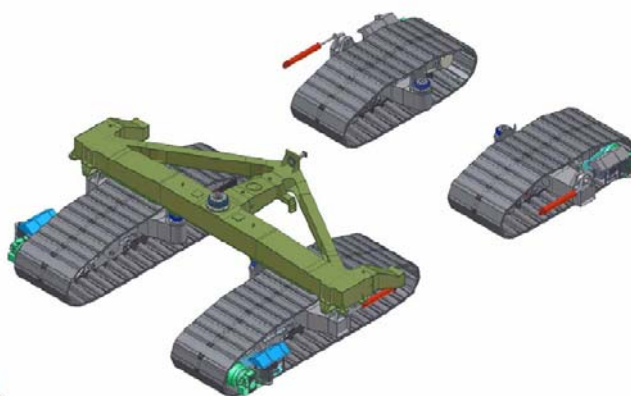
Všechny hlavní celky jsou vzájemně smontovány, propojeny jednotlivými typy instalací a tvoří dohromady jeden funkční celek – shazovací vůz.

1.1.1 Základní technické parametry shazovacího vozu

| | | |
|--|------------------------|-----------|
| Šířka pásu DPD | 1800 mm | |
| Rychlost pásu DPD | 5,2 m.s ⁻¹ | |
| Sypná hmotnost dopravovaného materiálu | 1,7 t.m ⁻³ | |
| Velikost zrna dopravovaného materiálu dle ČSN 263401 | 600 mm | |
| Teoretické dopravované množství pro DPD š 1800 mm | 9000 t.h ⁻¹ | |
| Šířka pásu výložníku | 2000 mm | |
| Rychlost pásu výložníku | 3,45 m.s ⁻¹ | |
| Výkon pohonu pásu výložníku | 2x250 kW | |
| Max. osová vzdálenost vynášecího bubnu od středu otoče | 12500 mm | |
| Šířka housenicového pásu | 3200 mm | |
| Rychlost pojezdu | 0,11 m.s ⁻¹ | |
| Min. poloměr zatačení | 64 m | |
| Výkon pohonu housenic podvozku | 4 x 55 kW | |
| Stoupání terénu ve směru podélné osy DPD při provozu | 1:20 | |
| Stoupání terénu ve směru příčné osy DPD | 1:28 | |
| Střední měrný tlak na terén | při provozu | 0,07 MPa |
| | při transportu | 0,065 MPa |
| Celková hmotnost shazovacího vozu | 606 000 kg | |
| Celkový instalovaný výkon | 800 kW | |
| Maximální natočení výložníku | ± 100° | |
| Sklon výložníku | +13°, -3° | |
| Sklon náběžné části | +11°, 3° | |

1.1.2 Podvozek

Shazovací vůz má celkem čtyři kusy housenicových podvozků (obr. 1.1b), dva delší (10,1m) a dva kratší (6,15m). Kratší housenicový podvozek je umístěn pod konstrukcí smyčkové části na straně stroje, kde je přívod materiálu po pase DPD. Delší housenicový podvozek je spojen příčným vahadlem, na kterém je umístěna konstrukce smyčkové části.



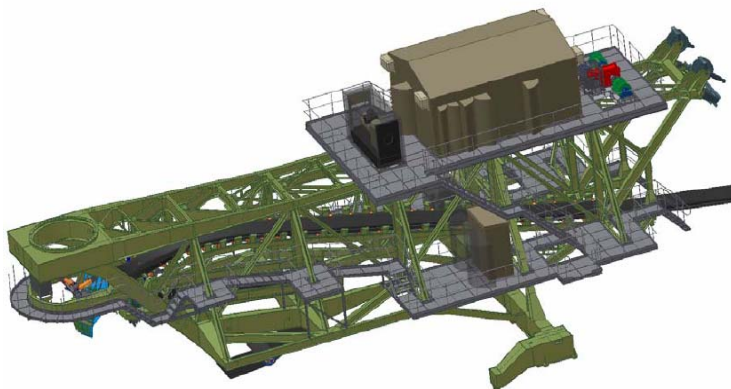
Obr. 1.1b: Housenicový podvozek

Delší housenicový podvozek má nosnou OK podvozkou uloženou na dvou čtyřkolových vahadlech, kratší podvozek na třech dvoukolových vahadlech. Na vnějším konci mají hnací turas s pohonem a na vnitřním konci napínací turas s dvojicí HV napínání.

Rychlost pojíždění podvozků v obou směrech je $6,5\text{m.s}^{-1}$, poloměr zatačení stroje je 64m. Zatačení jednotlivých podvozků je řešeno pomocí hydraulických válců, každý podvozek má individuální pohon vč. ovládání zatačení HV.

1.1.3 Smyčková část (SMČ)

- a) Nosná ocelová konstrukce
- b) Lávky smyčkové části
- c) Vrátek zdvihu náběžné části
- d) Kladkostroj náběžné části
- e) Dopravní cesty smyčkové části
- f) Parabolický štít
- g) Elektrorozvodna



Obr. 1.1c: Smyčková část

Nosná ocelová konstrukce SMČ

Smyčková část je tvořena těžkou nosnou ocelovou konstrukcí prostorového příhradového typu obdélníkového průřezu, jednotlivé prvky (pruty) konstrukce jsou svařované převážně z válcovaných profilů a ocelových výpalků. Celá nosná OK je svařovaná.

Lávky smyčkové části

Lávky smyčkové části umožňují přístup ke všem důležitým částem a skupinám stroje umístěným na nosné OK smyčkové části a k přechodu na další sekce stroje. Lávky na pravé a na levé straně nosné OK jsou shodné (zrcadlový obraz). Lávky jsou svařeny z ocelových válcovaných profilů a plechů, zábradlí je svařené z ocelových trubek kruhového průřezu, pochozí plochy jsou ze svařovaných ocelových roštů s povrchovou úpravou, přichycené příchytkami do konstrukce lávek, šikmé plochy jsou vybaveny protiskluzovými profily, schody jsou ze schodišťových stupňů šroubovaných do konstrukce lávek.

Vrátek zdvihu náběžné části

Vrátek zdvihu je tvořen dvěma navíjecími bubny, které mají po obvodě šroubovici pro uložení navíjeného lana. Bubny jsou na společné hřídeli, uložené v ložiskových domcích a jsou poháněny z výstupu převodovky s čelním soukolím. Převodovku pohání elektromotor přes vstupní hřídel převodovky, která je vyvedena na obě strany vstupu převodovky a na těchto vstupech do převodovky je hřídel osazena bubnovými brzdami SIBRE s elektrickým odbrzdovačem. Otáčky elektromotoru jsou řízeny frekvenčním měničem s nastavením náběhových a doběhových ramp. Ložiska v ložiskových domcích hřídele s navíjecími bubny jsou mazána systémem centrálního mazání.

Kladkostroj náběžné části

Kladkostroj náběžné části svým převodem umožňuje pomalé zvedání nebo spouštění náběžné části vůči SMČ a polohování náběhu pasu DPD do stroje SV 1800H/01. Kladkostroj tvoří soustavu kladek, uložených na valivých ložiscích, umístěných v konstrukci svařené z válcovaných profilů nebo v nosné OK. Kladkostrojem jsou vedena dvě lana průměru 28mm. Ložiska kladek a čepy kladkostroje jsou mazána systémem centrálního mazání.

Dopravní cesty smyčkové části

V konstrukci girlandové dráhy, která je součástí OK SMČ, je pomocí pevných domků uchycen předávací a odváděcí buben smyčky a převáděcí válec. Přes tyto bubny je shazovacím vozem veden dopravní pás DPD o šířce 1800 mm. Na hlavním nosníku dráhy jsou použity tříválečkové girlandové stolice, které tvoří dráhu ve tvaru konkávního oblouku. V části, kde dopravní pás odchází z odváděcího bubnu, jsou umístěny stěrač HOSCH a předstěrač MARTIN. Horní předávací a spodní odváděcí buben smyčky je s keramickým obložením a ložiska bubnů jsou mazána systémem centrálního mazání.

Parabolický štít

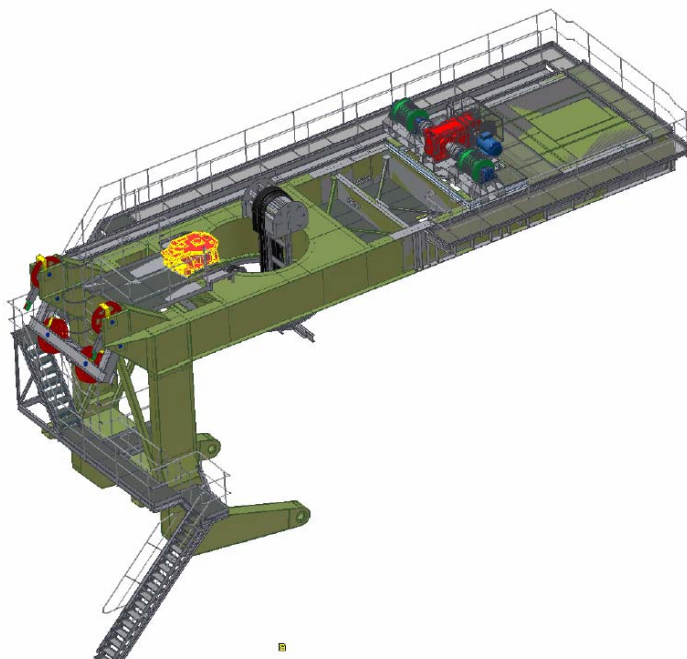
Tok materiálu přiváděný dopravníkem DPD je usměrňován za předávacím bubnem štítem parabolického tvaru. Jeho poloha a nasměrování v prostoru odhozu materiálu, podle natočení předávacího pasu výložníku, se provádí třemi hydraulickými válci. Hydraulický válec, který je uchycen ve spodní části štítu umožňuje v případě závalu uvolnění materiálu. Štít má stranu, na kterou dopadá materiál, obloženou vyměnitelnými otěru odolnými deskami.

Elektrorozvodna

Napětí 6kV je odebíráno z příslušného kabelového vozu. V rozvodně jsou umístěny transformátory, frekvenční měniče a ostatní jistící a spínací prvky elektrického obvodu shazovacího vozu. Vedle rozvodny je umístěna centrála, která slouží jako zdroj energie pro pojezd stroje. Centrála je kapotovaná a součástí rámu centrály je i palivová nádrž o objemu cca 950 litrů.

1.1.4 Otočná část

- a) Nosná ocelová konstrukce
- b) Lávky otočné části
- c) Pohon otoče
- d) Vrátek zdvihu výložníku
- e) Kladkostroj výložníku
- f) Kabelová smyčka



Obr. 1.1d: Otočná část

Nosná ocelová konstrukce

Z jedné čelní strany vybíhají nosníky, na kterých je pomocí čepového spojení zavěšen výložník. V horní části těchto nosníků jsou umístěny převáděcí kladky kladkostroje výložníku. Na opačné straně nosné OK je na horní ploše upevněn vrátek zdvihu výložníku a uvnitř v prostoru OK pod ním je místo na umístění materiálu protizávaží, které zajistí rovnoměrné zatížení radiaxiálního ložiska otoče.

Pohon otoče

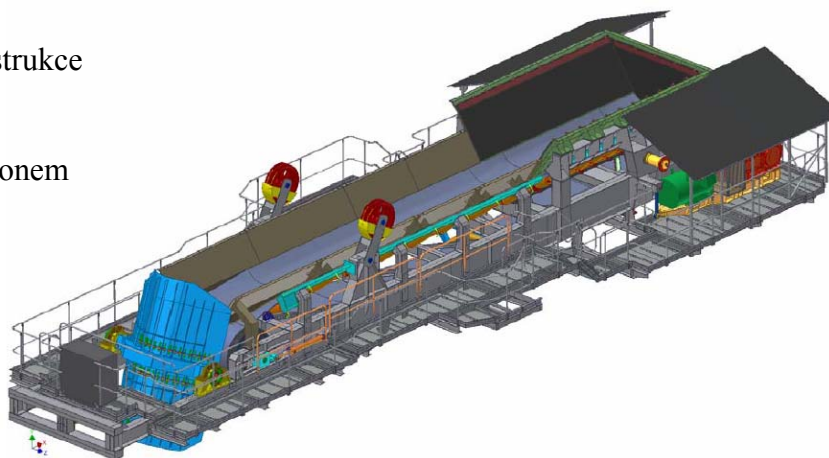
Pohon otočné části je složen ze šnekočelní převodovky s elektromotorem s brzdou, na výstupní hřídeli z převodovky je hnací pastorek, který zabírá do ozubeného věnce na velkorozměrovém radiaxiálním ložisku, které spojuje smyčkovou a otočnou část.

Vrátek zdvihu výložníku

Kladkostroj výložníku svým převodem umožňuje pomalé zvedání nebo spouštění výložníku s předávacím pasem a jeho polohování vůči násypce zakladače. Kladkostroj tvoří soustavu kladek, uložených na valivých ložiscích, umístěných v konstrukci svařené z válcovaných profilů nebo v nosné OK. Kladkostrojem jsou vedena dvě lana průměru 28mm. Ložiska kladek a čepy kladkostroje jsou mazána systémem centrálního mazání.

1.1.5 Výložník

- a) Nosná ocelová konstrukce
- b) Lávky výložníku
- c) Předávací pás s pohonem
- d) Štít výložníku



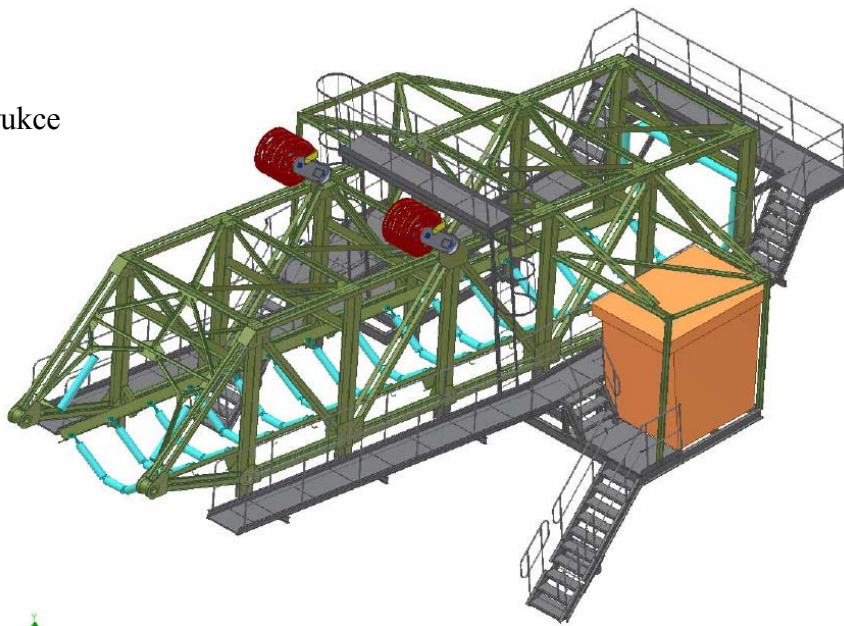
Obr. 1.1e: Vykládací výložník

Předávací pás s pohonem

Na předávacím konci výložníku je uložen vratný buben $\varnothing 1250\text{mm}$ provedený jako napínací s pogumovaným povrchem. Napínání je provedeno hydraulickými válci s mechanickou aretací polohy vratného bubnu. Na předávacím bubnu je umístěn předstěrač MARTIN a na spodní větvi předávacího pasu je umístěn stěrač HOSCH. Poháněcí buben je s keramickým obložením. Buben je poháněn oboustranným pohonem $2 \times 250\text{kW}$.

1.1.6 Náběžný díl

- a) Nosná ocelová konstrukce
- b) Lávky náběžné části
- c) Dopravní cesty
- d) Kabina a protizávaží



Obr. 1.1f: Náběžný díl

Lávky náběžné části

Lávky náběžné části umožňují sklopnými schody vstup na shazovací vůz z pravé i levé strany.

Dopravní cesty náběžné části

Dopravní cesty jsou tvořeny soustavou girlandových stolic, které jsou na celé girlandové dráze SMČ a náběžné části jsou shodné. Po této girlandové dráze je veden dopravní pás DPD o šířce 1800 mm. Celý náběžný díl vč. dopravních cest je v základní poloze sklopen 8° směrem dolů od horizontální roviny, pomocí kladkostroje jej lze ještě sklopit o další 3° nebo ze základní polohy zvednout o 11° .

Kabina obsluhy a protizávaží kabiny

Na konci náběžného dílu na plošině lávek nad sklopnými vstupními schody je umístěna kabina pro obsluhu shazovacího vozu, ve které je umístěn pult s ovladači a sdělovači a dotykový displej k ovládání pracovních funkcí shazovacího vozu. Kabina je umístěna na levé straně náběžného dílu shazovacího vozu. Na pravé straně náběžného dílu je symetricky s pracovní kabinou umístěno protizávaží vyvažující hmotnost kabiny s vybavením.

1.1.7 Vybavení shazovacího vozu

Shazovací vůz je určen k nasazení před zakladačem. Díky jejich úzkému propojení se neuvažuje se samostatnou dílnou na shazovacím voze, ale počítá se s využitím nářadí a celkového vybavení dílny z příslušného zakladače.

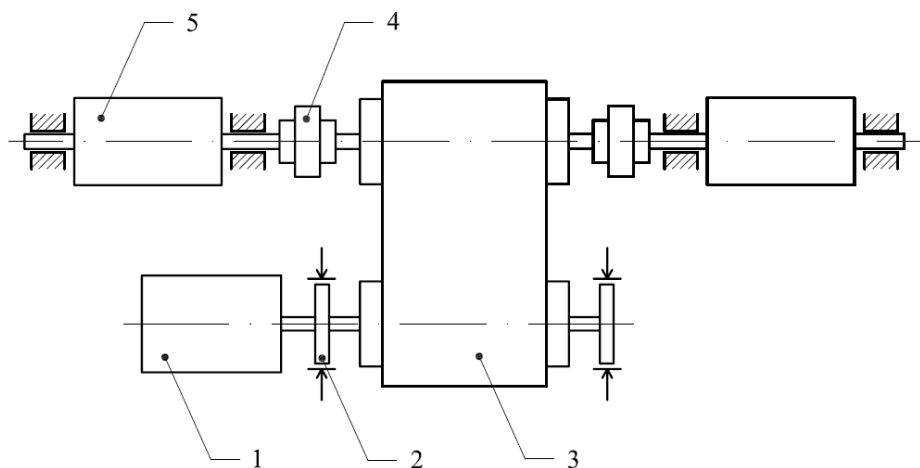
Celý shazovací vůz je vybaven centrálním mazacím systémem.

Pro umožnění pojezdu shazovacího vozu bez napájení z kabelového vozu případně ze zakladače je shazovací vůz vybaven dieselaagregátem s výkonem 500kVA, 400kW.

1.2 Systém zdvihu výložníku

Pro systémy zdvihu sklopných částí velkostrojů pro dobývání uhlí jsou používány pouze dva typy zdvihů. Prvním je zdvih pomocí hydraulických válců. Tento způsob může být použit pro nižší zdvihací výkony. Pouze v případě vyvažovacího ramena stroje může být použit i pro velké výkony. Pro případ shazovacího vozu SV1800H/01 je tento způsob nevyužitelný, protože stroj nemá protizávaží vykládacího výložníku. Druhým způsobem je lanový zdvih pomocí kladkostrojů, kde je velkou výhodou potřebné zpřevodování zdvihací síly působící na pohon zdvihu. Tento systém bude použit na shazovacím voze.

Pro zajištění zdvihu výložníku shazovacího vozu bude sloužit zdvihací lanový vrátek, který bude poháněn elektromotorem a bude obsahovat kromě pohonu také převodové ústrojí, spojku, brzdové ústrojí a navíjecí lanové bubny (obr. 1.2a). Toto zařízení bude umístěné na ocelové konstrukci v pravé horní části otočného dílu shazovacího vozu (obr. 1.2c).

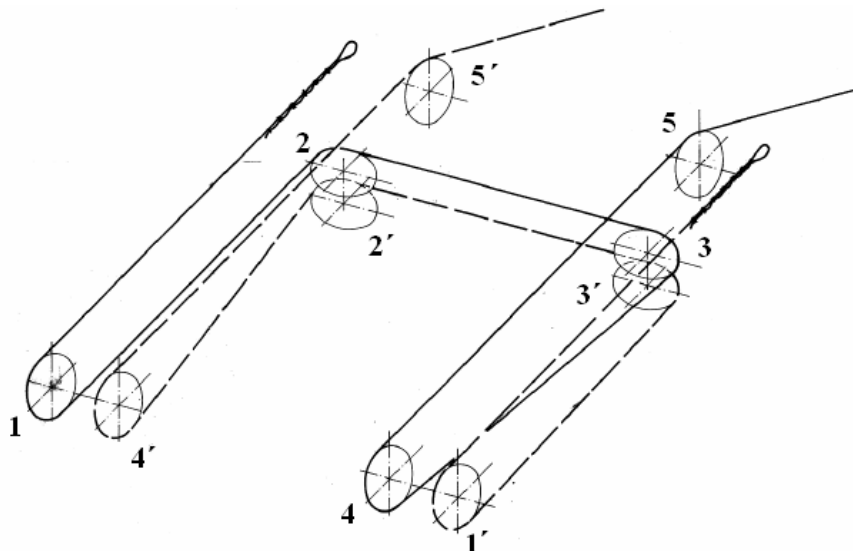


Obr. 1.2a: Uspořádání zdvihového vrátku

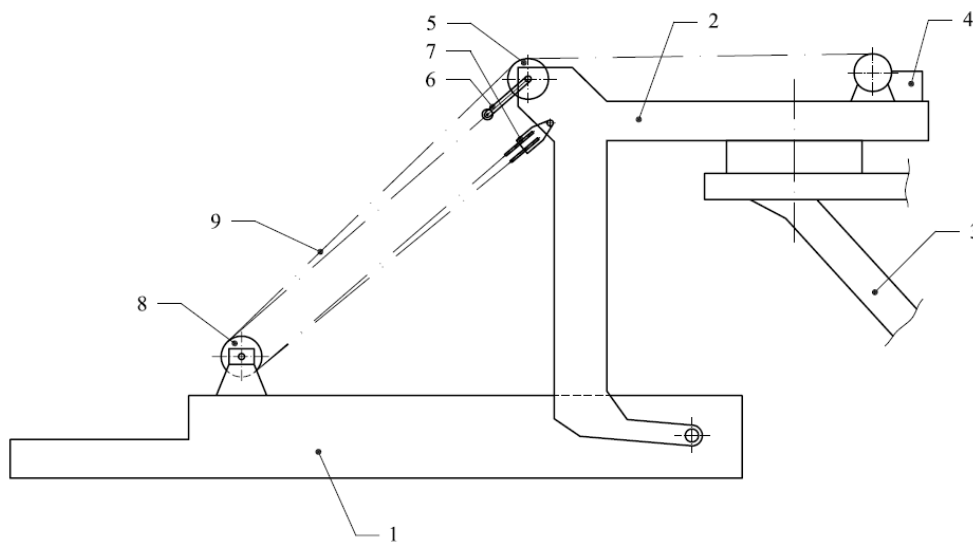
1-elektromotor, 2-brzda, 3-převodová skříň, 4-spojka, 5-navíjecí buben

Výložník bude propojen se zdvihovým vrátkem pomocí dvou ocelových lan. Dále bude systém zdvihu obsahovat lanový kladkostroj, který zajistí 2 požadované převody. Prvním je převod rychlostní mezi navíjecí rychlostí lan na buben vrátku (dle otáček motoru) a rychlostí zvedání výložníku. Tento převod bude zvolen jako redukční (do pomala), aby byl zajištěn plynulý zdvih výložníku při vysokých otáčkách elektromotoru na straně pohonu. Druhým převodem kladkostroje je převod silový, který umožní navrhnout pro vysokou hmotnost a zatížení výložníku pohon s vyhovujícími parametry.

Uspořádání kladkostroje bude řešeno dvěma navzájem propletenými větvemi dle obr. 1.2b, které umožní případnou výměnu jednoho z lan s tím, že zbývající větev udrží výložník v zavěšené poloze a nebude tedy nutné při údržbě jedné větve polohu výložníku zajišťovat podepřením.



Obr. 1.2b: Schéma provedení lanového kladkostroje



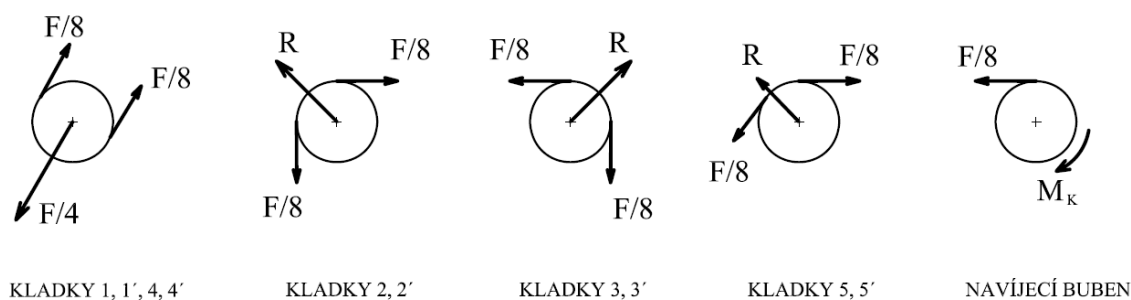
Obr. 1.2c: Schéma zdvihu výložníku shazovacího vozu SV 1800H

1-vykládací výložník, 2-otočná část, 3-smyčková část, 4-zdvihový vrátek výložníku,
5-pevná kladka otočné části, 6-pevné uchycení lana kladkostroje, 7-kladnice (soustava
kladek), 8-pohyblivá kladka výložníku, 9-ocelové lano

1.3 Silový rozbor kladkostroje

Lanový kladkostroj pro zdvih výložníku bude uspořádán dle obr. 1.2b, 1.2c. Na straně výložníku bude na pravé a levé polovině závěs se dvěma pohyblivými kladkami, které se budou pohybovat společně s výložníkem. Na otočné části bude zavěšena kladnice, která s ní bude pevně spojena (bude se pouze naklápět dle polohy výložníku) a bude převádět lanové větve na druhou polovinu výložníku. V levé horní části otočného dílu shazovacího vozu bude umístěno pevné uchycení lan, jehož součástí bude i šroubový napínák lana. Ve stejném místě bude umístěna pevná kladka, která bude převádět pohyb lana k navijecímu zdvihovému vrátku umístěného v pravé části otočného dílu shazovacího vozu.

Předpokládejme zatížení kladkostroje od výložníku silou F a stav, kdy je zatížení rozloženo rovnoměrně do obou lanových větví zdvihu. Potom bude na každou ze čtyř pohyblivých kladek působit čtvrtinové zatížení $F/4$ dle obr. 1.3a (kladky 1, 1', 4, 4'). Převodem přes kladky 2, 3 (resp. 2', 3') dle obr. 1.2b se zajistí působení každé větve na pravou i levou polovinu výložníku. Silový převod kladkostroje zjistíme podle počtu lan působících na volné (pohyblivé) kladky. Pro 4 volné kladky je to převod o velikosti 8, tedy každý lanový buben bude zatížen silou o velikosti $1/8$ zatížení výložníku. Při stavu, kdy bude výložník zavěšen pouze na jedné lanové větvi, bude ale působit na lanový buben síla o velikosti $1/4$ zatížení výložníku.



Obr. 1.3a: Silové zatížení jednotlivých kladek zdvihu výložníku

Silový převod mezi výložníkem a lanovým bubnem:

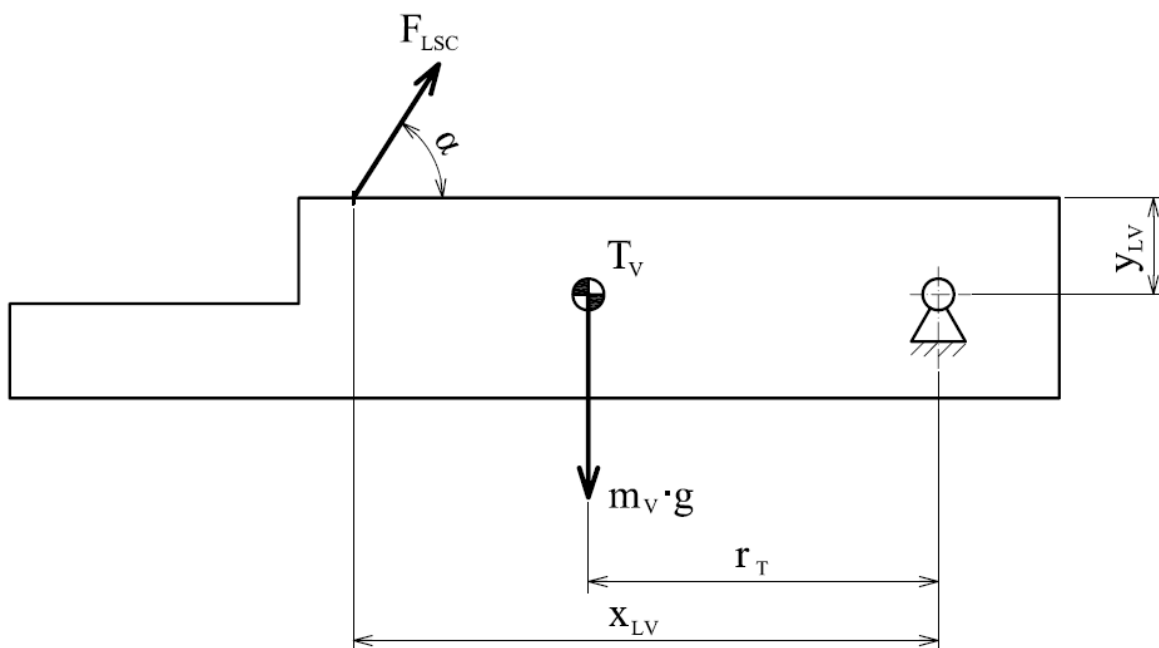
$$i_F = \frac{1}{8} = 0,125 \quad [-]$$

2 Výpočet a návrh zdvihového vrátku

2.1 Výpočet síly v laně pro výložník – statické zatížení

Zadané parametry vykládacího výložníku jsou:

| | |
|--|---------------------------|
| Hmotnost samostatného výložníku | $m_V = 59\,170\text{ kg}$ |
| Rameno působení těžiště výložníku vzhledem k uložení | $r_T = 3920\text{ mm}$ |
| Poloha působení lana vzhledem k uložení výložníku | $x_{LV} = 8920\text{ mm}$ |
| | $y_{LV} = 614\text{ mm}$ |
| Úhel působení lana na výložník | $\alpha_V = 60^\circ$ |



Obr. 2.1a: Statické zatížení vykládacího výložníku

Z momentové rovnováhy k bodu otočného uložení výložníku se vypočítá statická síla v závěšení působící na výložník F_{LSC}' (obr. 2.1a).

$$m_V \cdot g \cdot r_T - F_{LSC}' \cdot (x_{LV} \cdot \sin \alpha_V + y_{LV} \cdot \cos \alpha_V) = 0 \quad [\text{kg}; \text{m} \cdot \text{s}^{-2}; \text{mm}; \text{N}; ^\circ]$$

$$F_{LSC}' = \frac{m_V \cdot g \cdot r_T}{x_{LV} \cdot \sin \alpha_V + y_{LV} \cdot \cos \alpha_V} = \frac{59170 \cdot 9,81 \cdot 3920}{8920 \cdot \sin 60 + 614 \cdot \cos 60} = 283293\text{ N}$$

Tento výpočet však uvažuje pouze hmotnost samostatného vykládacího výložníku bez materiálu a dalších zatížení. Do výpočtu se tedy musí zahrnout i další vlivy, které statickou sílu působící v laně navýší. Na výložníku mohou působit také ještě tíhové síly od materiálu, závalu násypky, závalu pásu, osob a uvažovat je třeba i zatížení sněhovou pokrývkou. Tyto různé stavy zatížení navýší celkový klopný moment a statickou složku síly působící na zavěšení výložníku. Všechna zatížení však nepůsobí současně, ale jen v určitém provozním stavu stroje. Stroj se může nacházet ve stavu provozním, mimořádném nebo je mimo provoz. Pro každý stav se uvažují odpovídající zatížení, která jsou uvedena v tab. 2.1A.

Tab. 2.1A: Stavy zatížení výložníku

| | Hmotnost m_i [kg] | Rameno r_i [mm] | Moment M_i [Nmm] | Provoz | Mimořádný provoz | Mimo provoz |
|---------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|--------|---------------------|----------------|
| Vykl.výložník | 59170 | 3920 | 2275394184 | X | X | X |
| Materiál | 10861 | 5310 | 565761437 | X | X | |
| Zával násypky | 44200 | 310 | 134416620 | | | X |
| Zával pásu | 47730 | 7800 | 3652204140 | | | X |
| Osoby (54m ²) | 8100 | 5086 | 404138646 | | X | X |
| Sníh (54m ²) | 4050 | 5086 | 202069323 | | | X |

Pro dílčí zatížení se určí klopný moment M_i , následně se pro každý provozní stav vypočítá celkový moment M_C (sečtením působících momentů M_i v daném provozním stavu) a tento moment se dosadí do vztahu pro výpočet statické síly v zavěšení výložníku F_{LSC} (tab. 2.1A).

Použité vztahy pro výpočet statické síly v zavěšení výložníku

$$M_i = m_i \cdot r_i \cdot g \quad [\text{Nmm; kg; mm; m} \cdot \text{s}^{-2}]$$

$$M_C = \sum M_i \quad [\text{Nmm}]$$

$$F_{LSC} = \frac{M_C}{x_{LV} \cdot \sin \alpha_V + y_{LV} \cdot \cos \alpha_V} \quad [\text{N; Nmm; mm; } ^\circ]$$

Tab. 2.1B: Celková síla v zavěšení výložníku pro jednotlivé provozní stavy stroje

| | Celkový moment M_C [Nmm] | Síla v laně F_{LSC} [N] |
|------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Provoz | 2841155621 | 353732 |
| Mimořádný provoz | 3245294267 | 404048 |
| Mimo provoz | 6668222913 | 830213 |

Z tab. 2.1B je největší síla v laně pro mimoprovozní stav stroje o velikosti 830213 N. V porovnání se statickou silou v zavěšení prázdného výložníku (283293 N) je síla téměř trojnásobná, z toho lze usoudit, že je nutné jednotlivá zatížení do výpočtu zahrnout a nelze je tedy zanedbat. Hodnotu 830213 N lze tedy uvažovat do dalších výpočtů jako statickou složku síly působící na zavěšení výložníku.

Statická síla v zavěšení výložníku: $F_{LSC} = 830213 \text{ N}$

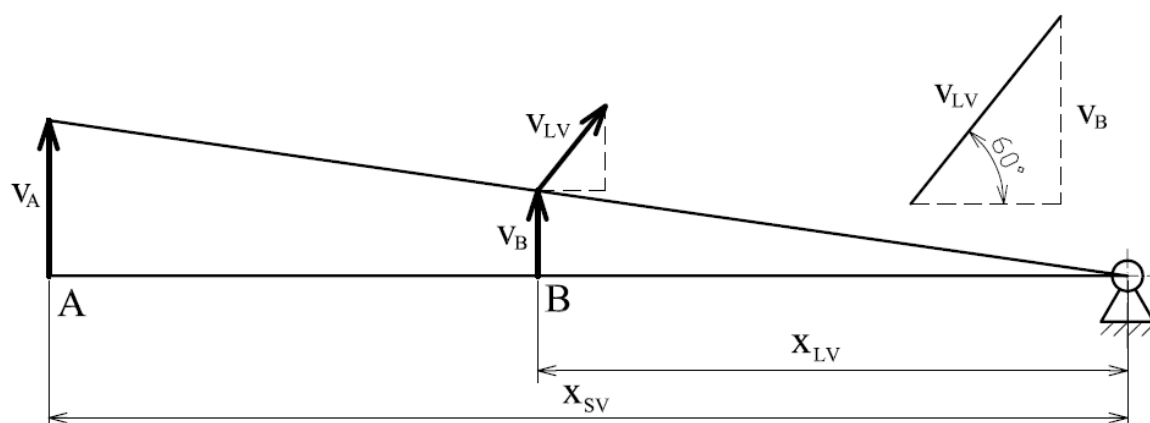
Statická síla působící na lanový buben: $F_{LS} = F_{LSC} \cdot i_F = 830213 \cdot 0,125 = 103777 \text{ N}$

Pro informaci je dobré znát, kolikrát nižší je statická síla v zavěšení v provozním stavu (tj. je-li uvažováno pouze zatížení od výložníku a materiálu) než maximální síla působící v mimoprovozním stavu. Jejich porovnáním zjistíme, že pokud bude stroj pracovat v maximální době své životnosti v provozním stavu, bude statická síla v zavěšení výložníku **2,3x menší** než síla, pro kterou budeme navrhovat vrátek zdvihu výložníku. Tím bude zajištěna dostatečná bezpečnost při provozu shazovacího vozu.

2.2 Rychlost vinutí lana

Pro určení rychlosti navíjení lana na lanový buben budeme vycházet z maximální hodnoty rychlosti pohybu špičky vyvažovacího výložníku. Maximální posunutí špičky výložníku ve vertikálním směru je stanoveno na **40mm za 1s**.

Rychlost navíjení lana se určí z obr. 2.2a a z níže uvedených vztahů.



Obr. 2.2a: Určení rychlosti odvíjení lana na výložníku

dáno: $v_A = 0,04 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$x_{LV} = 8920 \text{ mm}$$

$$x_{SV} = 17220 \text{ mm}$$

$$i_V = 0,25$$

rychlost pohybu lana na výložníku:

$$v_{LV} = \frac{v_B}{\cos 60^\circ} ; \quad \frac{v_B}{v_A} = \frac{x_{LV}}{x_{SV}} \Rightarrow v_B = v_A \cdot \frac{x_{LV}}{x_{SV}}$$

$$v_{LV} = \frac{v_B}{\sin 60^\circ} = v_A \cdot \frac{x_{LV}}{x_{SV} \cdot \sin 60^\circ} = 0,04 \cdot \frac{8920}{17220 \cdot \sin 60^\circ} = 0,024 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}; \text{mm}]$$

rychlost navíjení lana na lanový buben:

$$i_V = \frac{v_{LV}}{v_L} \Rightarrow v_L = \frac{v_{LV}}{i_V} = \frac{0,024}{0,25} = 0,096 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}; -]$$

2.3 Návrh hnacího ústrojí zdvihového vrátku

2.3.1 Návrh elektromotoru

Potřebný výkon elektromotoru se určí ze **síly** působící na lanový buben a **rychlosti** navíjení lana na lanový buben.

Výkon potřebný pro zvednutí výložníku na jednom lanovém bubnu:

$$P_L = F_{LS} \cdot v_L$$

Celkový výkon zdvihacího zařízení (pro obě větve kladkostroje):

$$P_C = 2 \cdot P_L$$

$$P_C = 2 \cdot F_{LS} \cdot v_L = 2 \cdot 103777 \cdot 0,096 = 19863,3 \text{ W} = 19,9 \text{ kW} \quad [\text{W}; \text{N}; \text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$$

Dle vypočítané hodnoty výkonu **19,9 kW** pro navrhované zdvihací zařízení se následně vybere ze sortimentu výrobců elektromotorů a převodovek vyhovující hnací agregát. Podle jeho jmenovitých otáček se určí vyhovující převodovka tak, aby její výstupní otáčky byly co nejbližší otáčkám požadovaným na hřídeli lanového bubnu a tím rychlost navíjení lana na lanový buben byla co nejbližší hodnotě $v_{LV} = 0,096 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Jako hnací agregát je přednostně vybrán pro shazovací vůz SV1800H elektromotor značky SIEMENS. Protože je výkon omezený maximální rychlostí pohybu výložníku (40mm za 1s), bude vybrán elektromotor s hodnotou výkonu max. 19,9 kW. Při vyšší hodnotě výkonu by při stejném silovém zatížení byla překročena maximální povolená rychlost pohybu výložníku. Motor bude napájený z rozvodné sítě z elektrocentrály umístěné na shazovacím voze jmenovitým napětím 380V.

Z katalogu výrobce motorů SIEMENS (ozn. kat. K15-0808 CZ viz příloha B) byly vybrány vyhovující typy motorů s výkonem menším než 19,9kW viz tab. 2.3A.

Tab. 2.3A: Typy vyhovujících motorů SIEMENS s vysokou účinností (ozn. 1LG6)

| typové označení | výkon P_M [kW] | otáčky n_M [min ⁻¹] | krouticí moment M_M [Nm] |
|--------------------|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| 1LG6 – 183 – 4AA | 18,5 | 1470 | 120 |
| 1LG6 – 206 – 6AA | 18,5 | 978 | 181 |
| 1LG6 – 220 – 8AA | 18,5 | 730 | 242 |

Výběr přesného elektromotoru z tab. 2.3A je nutné spojit s výběrem sériově vyráběné převodové skříně, a to podle vyhovujících otáček na vstupní hřídeli do převodovky.

2.3.2 Návrh převodovky

Vhodná převodová skříň se zvolí sériově vyráběná převodovka od firmy SEW EURODRIVE (dále jen SEW), která se specializuje mimo jiné na výrobu průmyslových převodovek v široké nabídce. Vhodná převodovka se zvolí z katalogu SEW podle níže vybraných parametrů.

Pro volbu vhodné převodové skříně je nutné stanovit následující parametry:

- Výkon na výstupu z převodovky P_{P2}
- Účinnost převodovky η_P
- Vstupní otáčky (otáčky elektromotoru) n_{P1}
- Požadované Výstupní otáčky (otáčky navíjecího bubnu) n_{P2}
- Požadovaná zátěž (krouticí moment na výstupním hřídeli) $M_{KP2pož}$

1) výkon na výstupu a účinnost převodovky- P_{P2} , η_P

- Hodnotu účinnosti čtyřstupňové převodovky SEW výrobce uvádí $\eta_P = 0,94$
- Výkon na výstupním hřídeli se určí z výkonu elektromotoru a účinnosti

$$P_{P2} = P_{P1} \cdot \eta_P = P_M \cdot \eta_P$$

$$P_{P2} = 18,5 \cdot 0,94 = 17,4 \text{ kW} \quad [\text{kW}; -]$$

2) otáčky vstupního hřídele - n_{P1}

Tato hodnota je dána hodnotou otáček na hřídeli vybraného elektromotoru. Elektromotory z kap. 2.3.1 (vyhovující motory s výkonem 18,5 kW) je možné vybrat s výstupními otáčkami ve 3 velikostech, a to s hodnotami otáček 730 min^{-1} , 978 min^{-1} nebo 1470 min^{-1} (viz tab. 2.3A).

3) požadované otáčky výstupního hřídele převodovky - $n_{P2pož}$

Tyto otáčky se určí z rychlosti navíjení lana na lanový buben podle průměru lanového bubnu. Průměr lanového bubnu zvolíme s přihlédnutím k normě ČSN ISO 8087, která uvádí rozměry lanových bubnů a kladek pro zdvihací zařízení.

Mezinárodní norma ČSN ISO 8087 stanoví minimální poměr roztečných průměrů bubnů a kladek vzhledem k jmenovitému průměru lana pro operace zdvihání háku a sklápění výložníku. Jmenovitý průměr se bere za základní rozměr při výpočtu poměru. Minimální poměry roztečného průměru bubnu a kladky k jmenovitému průměru lana jsou uvedeny v tab. 2.3B. [1]

Tab. 2.3B: Minimální poměr roztečného průměru bubnu k jmenovitému průměru lana

| Díl | Minimální poměr |
|---------------------------------------|-----------------|
| Buben zdvihu háku | 16,0 : 1 |
| Kladka zdvihu háku | 18,0 : 1 |
| Vyrovňovací kladka zdvihu háku | 14,0 : 1 |
| Vyrovňovací kladka sklápění výložníku | 12,5 : 1 |
| Buben sklápění výložníku | 14,0 : 1 |
| Kladka sklápění výložníku | 16,0 : 1 |

- použitý typ lana na zdvihu výložníku:

Ocelové lano 6x37; Ø28mm ; TEDOX s. r. o.

(ČSN EN 12385-4, ocelová drátěná lana pro všeobecné zdvihací účely)

- dle výše uvedené normy lze navrhnout průměr lanového bubnu:

$$D_B = 600 \text{ mm}$$

- určení požadovaných výstupních otáček převodovky:

$$v_L = \pi \cdot D_B \cdot n_{P2pož} \Rightarrow n_{P2pož} = \frac{v_L}{\pi \cdot D_B}$$

$$n_{P2pož} = \frac{0,096}{\pi \cdot 0,6} = 0,0509 \text{ s}^{-1} = 3,05 \text{ min}^{-1} \quad [\text{s}^{-1}; \text{m} \cdot \text{s}^{-1}; \text{m}]$$

4) požadovaný krouticí moment výstupního hřídele převodovky - $M_{KP2pož}$

Tato hodnota odpovídá dvojnásobku krouticímu momentu na hřídeli lanového bubnu (pro dvě větve kladkostroje), určí se podle síly působící na lanový buben (statické složky) a dle průměru lanového bubnu.

$$M_{KP2pož} = 2 \cdot F_{LS} \cdot \frac{D_B}{2}$$

$$M_{KP2pož} = 2 \cdot 103777 \cdot \frac{0,60}{2} = 62266 \text{ Nm} = 62,3 \text{ kNm} \quad [\text{Nm}; \text{N}; \text{m}]$$

5) Výběr katalogového typu převodovky SEW

Podle výše uvedených parametrů k výběru převodovky se zvolí postup návrhu převodové skříně, který doporučuje výrobce SEW ve svém katalogu. Protože jsou možné tři varianty výběru převodovky s odlišnými otáčkami vstupního hřídele, musí se provést početní návrh pro každou hodnotu vstupních otáček.

Výpočtové vztahy pro návrh vhodného typu převodovky dle výrobce SEW:

$$M_{KP2} = \frac{P_{P2} \cdot 9,55}{n_{P2pož}}$$

$$i_P = \frac{n_{P1}}{n_{P2pož}}$$

$$M_{NP2} \geq M_{KP2} \cdot F_{S\min}$$

$$M_{K2D} = \frac{2 \cdot M_{NP2}}{F_F}$$

$$M_{KP2\max} = \frac{P_{P1} \cdot 9,55 \cdot \eta_P \cdot F_{start}}{n_{P2pož}}$$

$$M_{KP2\max} \leq M_{K2D}$$

Do výše uvedených vztahů se dosazují následující jednotky:

- Výkon P_{P1}, P_{P2}, P_M [kW]
- Krouticí moment $M_{KP2}, M_{NP2}, M_{K2D}, M_{KP2\max}$ [kNm]
- Otáčky $n_{P1}, n_{P2pož}$ [min⁻¹]

Dosazením do těchto vztahů číselné hodnoty určené v bodech 1) až 4) této kapitoly se provede výpočet pro tři vyhovující elektromotory s odlišnými otáčkami (n_{P1}). Výsledky jsou zobrazeny v tab. 2.3C.

Ve výpočtu jsou mimo jiné také zahrnuty koeficienty F_{Smin} , F_F , F_{start} , které do návrhu převodovky zahrnují provozní podmínky, maximální zatížení a způsob spouštění (viz seznam symbolů a zkratk). Hodnoty těchto součinitelů byly vybrány z katalogu SEW následovně (viz příloha C):

- $F_{Smin} = 1,55$ provozní součinitel – hodnota platná pro zdvihací zařízení a jeřáby
- $F_F = 1,0$ součinitel zatížení – interval max. zatížení za 1 hodinu je 1x až 5x
- $F_{start} = 1,6$ součinitel způsobu spuštění – přímé spuštění

Tab. 2.3C: Návrh převodovky – vypočítané hodnoty dle katalogu SEW

| typ elektromotoru SIEMENS | Zadané parametry | | | Návrh | | | Kontrola | | |
|------------------------------|-------------------------|---|--|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| | P _{P2} [kW] | n _{P1} [min ⁻¹] | n _{P2pož} [min ⁻¹] | M _{KP2} [kNm] | i _p [-] | M _{NP2} [kNm] | M _{NP2} [kNm] | M _{K2D} [kNm] | M _{KP2max} [kNm] |
| 1LG6 – 183 – 4AA | 17,4 | 1470 | 3,05 | 54,5 | 482 | 84,4 | NEVYHOVUJE | | |
| 1LG6 – 206 – 6AA | | 978 | | | 321 | | 90,0 | 180,0 | 70,8 |
| 1LG6 – 220 – 8AA | | 730 | | | 239 | | NEVYHOVUJE | | |

Ve výše uvedené tabulce jsou vypočítány hodnoty dle katalogu SEW pro tři možné elektromotory SIEMENS s výkonem 18,5 kW a odlišnými otáčkami viz tabulka. Z tabulky

je patrné, že lze použít jako hnací agregát připojený na vstupní hřídel převodovky pouze elektromotor SIEMENS s typovým označením 1LG6-206-6AA se jmenovitými otáčkami 978 min^{-1} . Důvody nevhodnosti použití zbývajících elektromotorů jsou následující:

- Pro motor 1LG6-183-4AA se jmenovitými otáčkami 1470 min^{-1} není v katalogu SEW dostupná převodová skříň s vypočítaným převodovým poměrem $i_p = 482$. Maximální nabízený převodový poměr dle katalogu je 400.
- Pro motor 1LG6-220-8AA s otáčkami 730 min^{-1} není dostupná převodová skříň se vstupními otáčkami $n_{p1} = 730 \text{ min}^{-1}$. Katalogové převodovky SEW jsou nabízeny pro vstupní otáčky od hodnoty 1000 min^{-1} .

Podle stanovených parametrů se zvolí z katalogu převodovek SEW (viz příloha D) čelní převodovka. Převodovka se vybere z katalogu SEW dle vypočítané nominální hodnoty krouticího momentu M_{NP2} , dále podle otáček hnacího agregátu n_{p1} (vyhovujícího elektromotoru SIEMENS 1LG6-206-6AA) a dle hodnoty jmenovitého výkonu převodovky na vstupním hřídeli $P_{NP1} \geq P_M$, (hodnoty viz tab. 2.3C).

Označení navržené převodové skříně SEW EURODRIVE:

- **SEW X4FS 210/B – M1 – F1**

Označení navrženého elektromotoru SIEMENS:

- **MOTOR SIEMENS 1LG6 – 206 – 6AA**

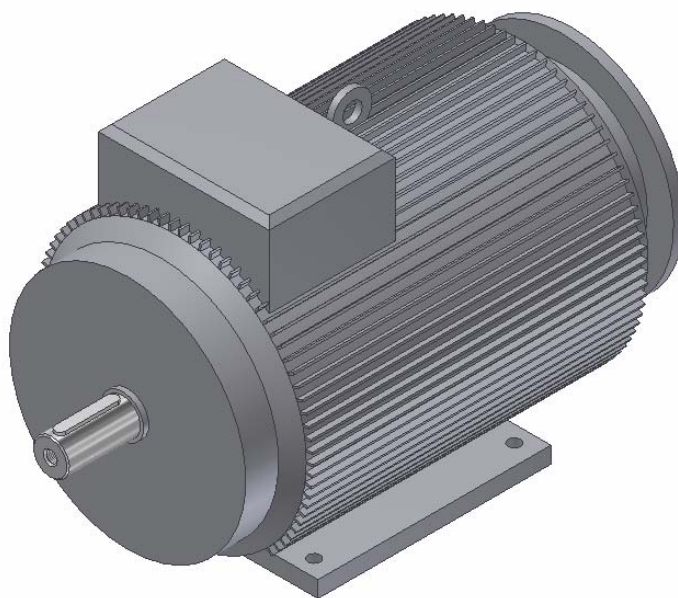
2.3.3 Parametry vybraného hnacího agregátu a převodové skříně

1) MOTOR SIEMENS 1LG6 – 206 – 6AA

| | | |
|--------------|------|--|
| Specifikace: | 1LG6 | trojfázový asynchronní motor s rotorem nakrátko, vysoká účinnost |
| | 206 | velikost – osová výška motoru (206mm) |
| | 6 | počet pólů |
| | AA | označení provedení – základní řada |

Parametry vybraného elektromotoru: (viz příloha B, obr. 2.3a)

- jmenovitý výkon $P_M = 18,5 \text{ kW}$
- jmenovitý krouticí moment $M_M = 181 \text{ Nm}$
- jmenovité otáčky $n_M = 978 \text{ min}^{-1}$
- moment setrvačnosti $J_M = 0,285 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
- průměr hřídele motoru $D_M = 55 \text{ mm}$



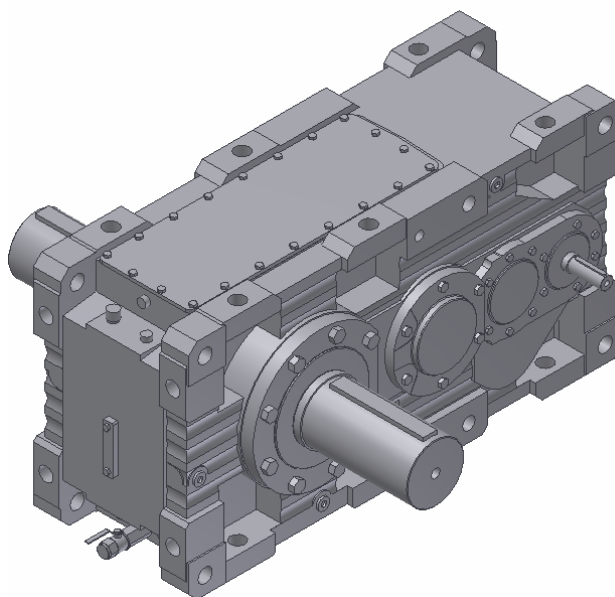
Obr. 2.3a: Elektromotor SIEMENS

2) PŘEVODOVKA SEW X4FS 210/B – M1 – F1

| | | |
|--------------|-----|--|
| Specifikace: | X | převodovka pro průmyslové použití |
| | 4 | počet stupňů převodovky |
| | F | označení převodovek s čelním ozubením |
| | S | výstupní hřídel s drážkou pro pero |
| | 210 | označení velikosti převodovky |
| | M1 | pracovní poloha – horizontální (viz příloha E) |
| | F1 | montážní plocha (viz příloha F) |

Parametry vybrané převodovky SEW (viz obr. 2.3b):

- jmenovitý krouticí moment převodovky $M_{NP2} = 90 \text{ kNm}$
- otáčky vstupního hřídele $n_{p1} = 1000 \text{ min}^{-1}$
- otáčky výstupního hřídele $n_{p2} = 2,5 \text{ min}^{-1}$
- jmenovitý výkon převodovky $P_{NP1} = 25 \text{ kW}$
- převodový poměr $i_p = 400$
- průměr vstupního hřídele převodovky $D_{p1} = 42 \text{ mm}$
- průměr výstupního hřídele převodovky $D_{p2} = 190 \text{ mm}$



Obr. 2.3b: Čelní převodovka SEW EURODRIVE

2.4 Dynamická složka síly zatížení vrátku

Dynamickou složku síly působící v laně kladkostroje určíme dle času zastavení zdvihového vrátku. Čas zastavení se vypočítá podle hřídele hnacího elektromotoru, jehož otáčky jsou 978 min^{-1} . Pro brždění se použijí čelistové bubnové brzdy. Při brždění na čelistových bubnových brzdách je čas zastavení nižší. Pro dynamickou složku síly se bude uvažovat zastavení takové, kdy se brzdový buben při brždění otočí **5x** k úplnému zastavení ($n_p = 5$).

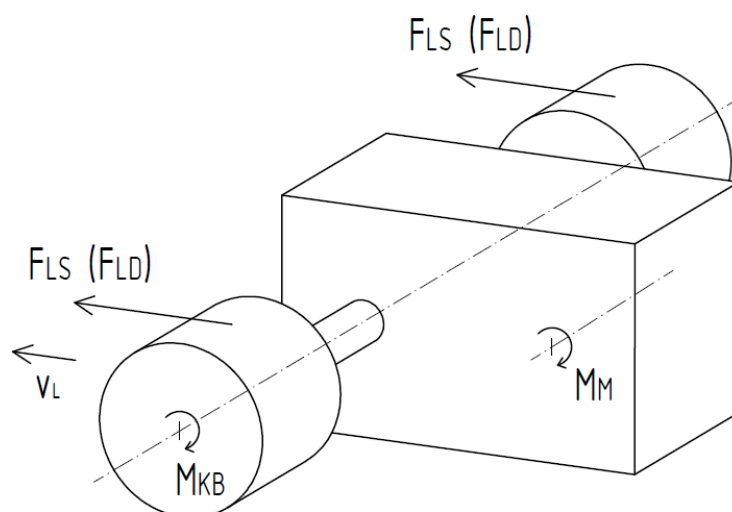
- úhlová rychlost elektromotoru (ω_M)

$$\omega_M = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_M}{60}$$
$$\omega_M = \frac{2 \cdot \pi \cdot 978}{60} = 102,41 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \quad [\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}; \text{min}^{-1}]$$

- čas zastavení hřídele elektromotoru (t_b)

$$t_b = \frac{\varphi_b}{\omega_M} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_p}{\omega_M}$$
$$t_b = \frac{2 \cdot \pi \cdot 5}{102,4} = 0,3 \text{ s} \quad [\text{s}; \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}]$$

Pro dynamické účinky lze uvažovat čas brždění $t_b = 0,3 \text{ s}$. Dynamická složka síly se určí podle druhého Newtonova zákona $I = \Delta H$ (Impuls síly = změně hybnosti). Schéma působení statické a dynamické složky síly zatěžující lanový buben je na obr. 2.4a.



Obr. 2.4a: Schéma silového zatížení lanových bubnů

- druhý Newtonův zákon

$$F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v \Rightarrow F = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t}$$

- celková dynamická složka síly působící na výložník (hmotnost se nahradí statickým zatížením, rychlost po zabrzdění $v_0 = 0$)

$$F_{LDC} = \frac{\frac{F_{LSC}}{g} \cdot (v_{LV} - v_0)}{t_b}$$

$$F_{LDC} = \frac{\frac{830213}{9,81} \cdot (0,024 - 0)}{0,3} = 6601 \text{ N} \quad [\text{N}; \text{m} \cdot \text{s}^{-2}; \text{m} \cdot \text{s}^{-1}; \text{s}]$$

- dynamická složka síly působící na lanový buben

$$F_{LD} = F_{LDC} \cdot i_F$$

$$F_{LD} = 6770 \cdot 0,125 = 825 \text{ N} \quad [\text{N}; -]$$

- celková síla působící na výložník

$$F_{LC} = F_{LSC} + F_{LDC}$$

$$F_{LC} = 830213 + 6601 = 836814 \text{ N} \quad [\text{N}]$$

- celková síla působící na lanový buben

$$F_L = F_{LS} + F_{LD}$$

$$F_L = 103777 + 825 = 104602 \text{ N} \quad [\text{N}]$$

2.5 Návrh spojky za motorem

Spojka bude sloužit ke spojení hřídele hnacího elektromotoru se vstupním hřídelem převodové skříně. Spojka bude navržena od vybraného výrobce dle zadaných parametrů přenosu výkonu a hlavních rozměrů spojovaných hřídelí. Zadané parametry jsou následující:

- | | |
|--|---|
| • přenášený krouticí moment | $M_M = 181 \text{ Nm}$ |
| • otáčky od motoru | $n_M = 978 \text{ min}^{-1}$ |
| • průměr hřídele motoru pro připojení spojky | $D_M = 55 \text{ mm}$ (viz kap. 2.3.3) |
| • průměr hřídele převodovky | $D_{P1} = 42 \text{ mm}$ (viz kap. 2.3.3) |

Pro tento typ spojení hřídelů byla zvolena **pružná obručová spojka**. Tato spojka umožňuje vychýlení i axiální posuv spojovaných hřídelů. Pružná pryžová součást je vyztužena zavulkanizovanými textilními vložkami. Tvarově se podobá pneumatice. Ke dvěma kotoučům spojky je pevně připojena pomocí kroužků. Spojka připouští různoběžnost hřídelů 4° , tlumí dobře změny zatížení a dilatace. Nevyžaduje zvláštní obsluhu a může pracovat i v prašném prostředí. Pro tyto své vlastnosti bývá používána u důlních dopravníků. [2]

Tato spojka byla vybrána ze dvou hlavních důvodů:

- spojka vyrovnává rázy a zajišťuje tlumení mezi elektromotorem a ostatními částmi zdvihového vrátku
- možnost montáže spojky bez axiálního pohybu hřídelů – spojka je připojena na hřídele pomocí šroubů v radiálním směru vzhledem k osám hřídelů

| | |
|--------------------------|------------------|
| Výrobce obručové spojky: | REXNORD |
| Typ spojky/označení: | OMEGA |
| Velikost spojky: | viz výpočet níže |

Výpočet jmenovité hodnoty krouticího momentu přenášeného spojkou:

Pro určení vyhovujícího typu (velikosti) obručové spojky OMEGA je použit následující postup dle výrobce. Velikost spojky se určí dle jmenovité hodnoty přenášeného krouticího momentu T_N . Tato hodnota se vypočítá z hodnoty krouticího momentu od motoru M_M (postup výpočtu dle výrobce):

- jmenovitá hodnota krouticího momentu od motoru (M_{SI})

$$M_{SI} = M_M = 181 \text{ Nm}$$

- jmenovitá hodnota krouticího momentu spojky OMEGA (M_{NSI})

$$M_{NSI} \geq M_{SI} \cdot (SF + S_t)$$

$$M_{NSI} \geq 181 \cdot (2 + 0)$$

$$\underline{M_{NSI} \geq 362 \text{ Nm}}$$

SF.....provozní součinitel (hodnota pro jeřáby a zdvihací zařízení je SF = 2,0)

S_t.....teplotní součinitel (pro teploty do 50° je S_t = 0)

Dle katalogu je nejbližší vyšší hodnota jmenovitého krouticího momentu spojky **412 Nm**, vyhovující spojka je tedy s označením velikosti 30 (viz příloha G).

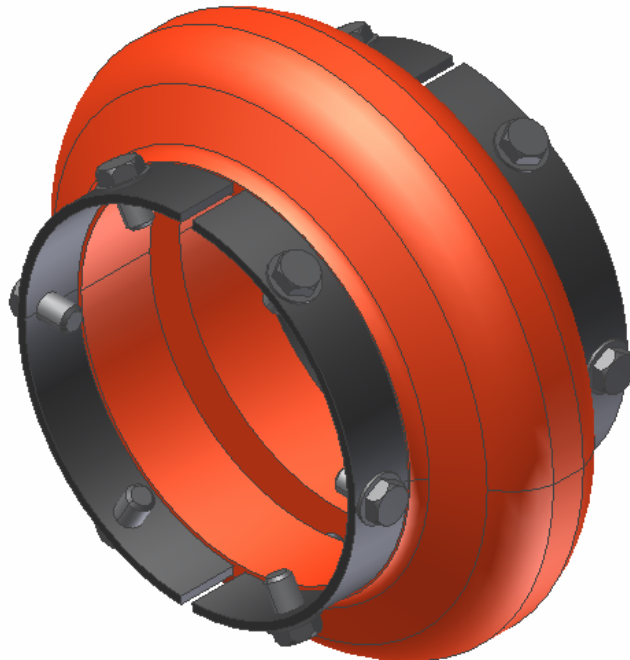
Navržená spojka: (viz příloha G, obr. 2.5a)

Označení dle výrobce: **SPOJKA REXNORD E30–M SHCB–STL**

| | | |
|--------------|------|---|
| Specifikace: | E | obručová spojka OMEGA |
| | 30 | velikost spojky |
| | M | provedení s metrickými rozměry |
| | SHCB | vlastní provedení nábojů (pro rozdílné průměry hřídelů) |
| | STL | materiál nábojů – ocel |

Parametry spojky:

- jmenovitý krouticí moment $M_{NS1} = 412 \text{ Nm}$
- moment setrvačnosti spojky $J_{S1} = 0,034 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$



Obr. 2.5a: Spojka REXNORD OMEGA

2.6 Návrh hřídele lanového bubnu

Do návrhu hřídele lanového bubnu je nutné zahrnout podmínku možnosti výměny lana na jedné z větví kladkostroje výložníku. To znamená, že celkovou sílu, která působí od zavěšení výložníku, musí být schopna přenést pouze jedna strana zdvihového vrátku. Navrhovaný hřídel lanového bubnu musí být schopen vydržet zatížení rovné dvojnásobku síly působící na lanový buben při provozu obou větví. Velikost této síly se bude uvažovat při stavu mimořádného provozu (viz tab. 2.1B). Při určení síly, která bude zatěžovat lanový buben, se musí zvážit, zda bude vyšší hodnota síly působící při provozním stavu při zavěšení pouze na jedné větvi (F_{LP}) nebo síla působící při činnosti obou větví v mimoprovozním stavu (F_L). Pro výpočet se potom použije vyšší hodnota z těchto sil.

- síla působící na lanový buben při jednostranném zavěšení výložníku v provozním stavu ($i_F = 0,25$; $F_{LSC} = 353732 \text{ N}$, viz tab. 2.1B).

$$F_{LSP} = F_{LSC} \cdot i_F$$

$$F_{LSP} = 353732 \cdot 0,25 = 88433 \text{ N} \quad [\text{N}; -]$$

- síla působící na lanový buben při oboustranném zavěšení výložníku v mimoprovozním stavu ($i_F = 0,125$; $F_{LSC} = 830213 \text{ N}$, viz tab. 2.1B).

$$F_{LS} = F_{LSC} \cdot i_F$$

$$F_{LS} = 830213 \cdot 0,125 = 103777 \text{ N} \quad [\text{N}; -]$$

Pro návrh průměru hřídele lanového bubnu se musí uvažovat větší z hodnot F_{LS} a F_{LSP} . K této síle musí být ještě přičtena dynamická složka síly F_{LD} (viz kap. 2.4). Z toho vyplývá, že maximální velikost síly zatěžující hřídel lanového bubnu je rovna hodnotě $F_L = 104602 \text{ N}$ ($F_{LS} \geq F_{LSP}$).

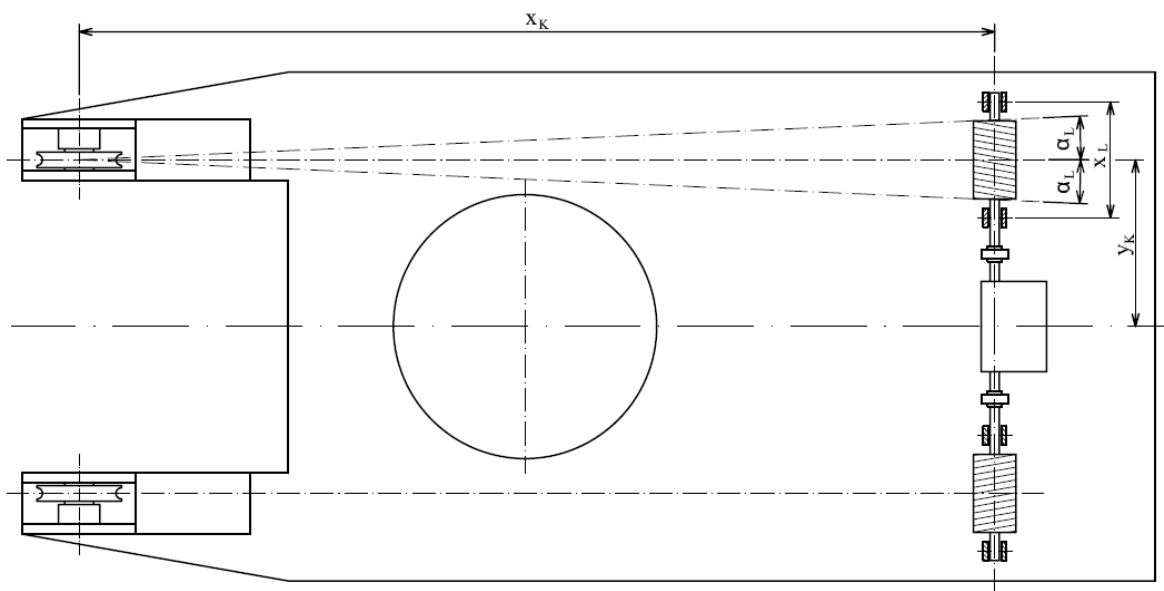
- maximální krouticí moment na hřídeli lanového bubnu

$$M_{KB} = F_L \cdot \frac{D_B}{2}$$

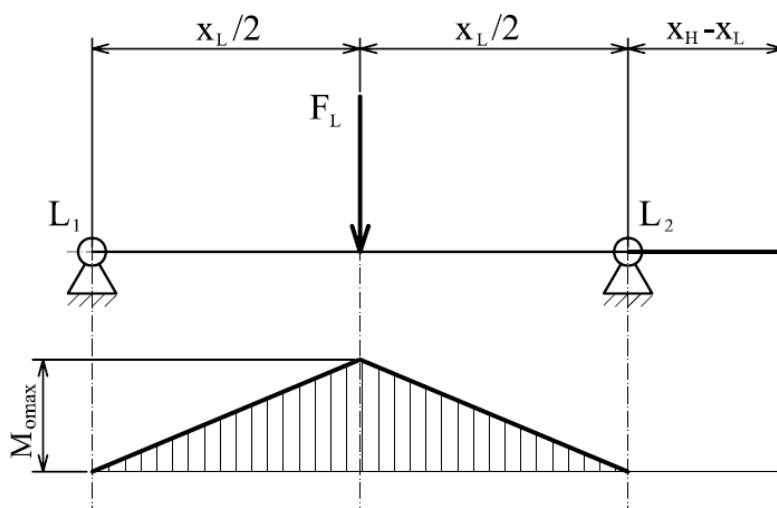
$$M_{KB} = 104602 \cdot \frac{0,6}{2} = 31381 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}; \text{N}; \text{m}]$$

Pro určení minimálního průměru hřídele lanového bubnu je nutné znát kromě maximálního krouticího momentu působícího na hřídel také maximální ohybový moment působící mezi místy uložení hřídele – ložiskovými domky. Průměr hřídele se potom určí podle redukovaného momentu.

Uložení hřídele se musí určit tak, aby okraje lanového bubnu, kde je krajní poloha působíště síly v laně F_L , byly ve vzdálenosti od středové roviny otočné části shazovacího vozu v rozmezí od 800 mm do 2000 mm. Je to dáno tím, že úhel náběhu lana do kladek může být maximálně $\pm 3^\circ$ ($\alpha_{L\max} = 3^\circ$). Osa lanového bubnu je umístěna v zadní části otočného dílu ve vzdálenosti $x_K = 11,2$ m od osy převáděcích kladek, osa převáděcí kladky je ve vzdálenosti $y_K = 1,4$ m od středové roviny otočné části shazovacího vozu (viz obr. 2.6a.). Uložení hřídele lanového bubnu bude dle obr. 2.6b. Vzdálenost mezi ložisky pro uložení hřídele se zvolí $x_L = 1000$ mm. Jsou použity lanové bubny o šířce $x_B = 750$ mm a roztečném průměru $D_B = 630$ mm, vzdálenost mezi ložisky je tedy vyhovující.



Obr. 2.6a: Poloha lanových bubnů



Obr. 2.6b: Uložení a silové zatížení hřídele lanového bubnu

- maximální ohybový moment působící na hřídel (viz obr. 2.6b)

$$M_{o\max} = \frac{F_L \cdot x_L}{4}$$

$$M_{o\max} = \frac{104602 \cdot 1}{4} = 26150 \text{ Nm}$$

[Nm; N; m]

- materiál hřídele 11500

- mez kluzu materiálu $R_e = 245 \text{ MPa}$

- součinitel bezpečnosti $k = 1,5$

- dovolené napětí pro zajištění bezpečnosti

$$\sigma_{oD} = \frac{R_e}{k}$$

$$\sigma_{oD} = \frac{245}{1,5} = 163,3 \text{ MPa}$$

[MPa; –]

- opravný součinitel pro střídavý M_O a stálý M_K [2] $\alpha_B = 0,73$

- redukovaný ohybový moment

$$M_{red} = \sqrt{M_{Omax}^2 + 0,75 \cdot (\alpha_B \cdot M_{KB})^2}$$

$$M_{red} = \sqrt{26150^2 + 0,75 \cdot (0,73 \cdot 31381)^2} = 32824 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}; -]$$

- minimální průměr hřídele lanového bubnu

$$\sigma_{red} \leq \sigma_{oD}$$

$$\frac{32 \cdot M_{red}}{\pi \cdot d_H^3} \leq \sigma_{oD} \Rightarrow d_H \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{red}}{\pi \cdot \sigma_{oD}}}$$

$$d_H \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 32824}{3,14 \cdot 163,3 \cdot 10^6}} = 0,127 \text{ m} = 127 \text{ mm} \quad [\text{m}; \text{Nm}; \text{Pa}]$$

2.7 Návrh spojky za převodovkou

Pro spojení hřídele lanového bubnu s výstupním hřídelem převodovky bude navržena kotoučová třecí spojka. Spojka se navrhne pro krouticí moment na hřídeli lanového bubnu M_{KB} o velikosti 31381 Nm (viz kap. 2.6).

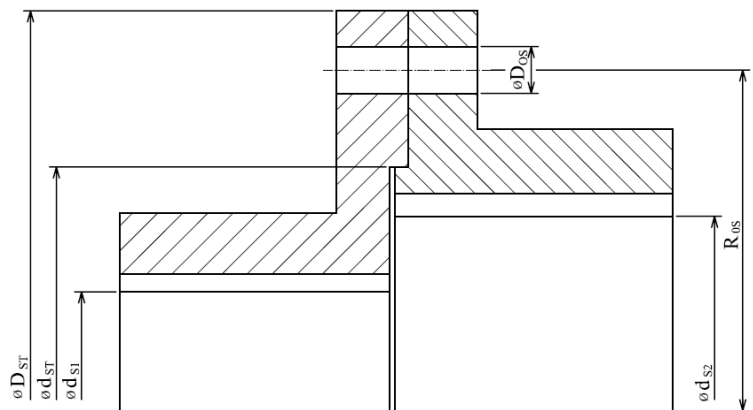
Kotoučová spojka je nejpoužívanější pevnou neovládanou spojkou. Skládá se ze dvou kotoučů pevně spojených čtyřmi až dvanácti šrouby. Kotouče, hnací a hnaný, jsou s koncem hřídele spojeny perem, nalisováním, přivařením nebo mohou být na koncích nakovány. Středění je zajištěno osazením v jedné a vybráním na druhé části spojky. Šrouby spojující kotouče jsou v dírách přírub volně, točivý moment je přenášen třením na mezikruhové ploše. [2]

Postup návrhu spojky je následující:

- 1) Pro maximální přenášený moment spojky M_{KB} se určí třecí moment M_{TS} .
- 2) Navrhnu se hlavní rozměry spojky, počet, velikost a pevnostní třída spojovacích šroubů tak, aby vypočítaná síla předpětí ve šroubovém spoji F_Q byla menší než dovolená osová síla F_{OD} ve zvoleném šroubu (viz příloha H). Pro výpočet se použijí níže uvedené vztahy. Navržené vyhovující rozměry spojky jsou uvedeny

na obr. 2.7a. V návrhu jsou již zahrnuty průměry spojovaných hřídelů převodové skříně a lanového bubnu.

- 3) Pro vybraný šroub se vypočítá utahovací moment M_U a zkontroluje se s dovolenou hodnotou M_{UD} podle tabulky v příloze H.



Obr. 2.7a: Hlavní rozměry třecí kotoučové spojky

- maximální přenášený krouticí moment spojkou $M_{KB} = 31381 \text{ Nm}$
- součinitel bezpečnosti přenosu $k_w = 1,5$ [-]

- třecí moment spojky

$$M_{TS} = M_{KB} \cdot k_w$$

$$M_{TS} = 31381 \cdot 1,5 = 47071 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}; -]$$

- počet šroubových spojů $i_s = 10$ [-]
- součinitel tření mezi třecími plochami spojky $f_s = 0,15$ [-]
- roztečný poloměr šroubových spojů $R_{0S} = 175 \text{ mm}$
- síla předpětí šroubového spoje

$$F_Q = \frac{M_{TS}}{i_s \cdot f_s \cdot R_{0S}}$$

$$F_Q = \frac{47071}{10 \cdot 0,15 \cdot 0,175} = 179317 \text{ N} \quad [\text{N}; \text{Nm}; -, \text{m}]$$

- volba pevnostního šroubu (viz příloha H)

- šroub M30 – pevnostní třída 6.8 (dle ISO)

- maximální osová síla ve šroubu $F_{OD} = 180872 \text{ N}$

$$F_Q \leq F_{OD} \dots 179317 \text{ N} \leq 180872 \text{ N} \dots \textbf{vyhovuje}$$

- parametry šroubu M30: $d_{z2} = 27,727 \text{ mm}$

$$P_h = 3,5 \text{ mm}$$

$$D_{OS} = 33 \text{ mm}$$

$$D_{KS} = 46 \text{ mm}$$

$$f_z = 0,15 \quad [-]$$

- utahovací moment šroubového spoje

$$M_U = \frac{F_Q}{2} \cdot (d_{z2} \cdot \tan(\gamma_z + \varphi_z') + f_z \cdot D_{PS})$$

$$\gamma = \arctan\left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_{z2}}\right)$$

$$\gamma = \arctan\left(\frac{3,5}{3,14 \cdot 27,727}\right) = 2,3^\circ \quad [^\circ; \text{mm}]$$

$$\varphi_z' = \arctan\left(\frac{f_z}{\cos 30^\circ}\right)$$

$$\varphi_z' = \arctan\left(\frac{0,15}{\cos 30^\circ}\right) = 9,83^\circ \quad [^\circ; -]$$

$$D_{PS} = \frac{D_{KS} + D_{OS}}{2}$$

$$D_{PS} = \frac{46 + 33}{2} = 39,5 \text{ mm} \quad [\text{mm}]$$

$$M_U = \frac{179317}{2} \cdot (27,727 \cdot \tan(2,3 + 9,83) + 0,15 \cdot 39,5) \cdot 10^{-3}$$

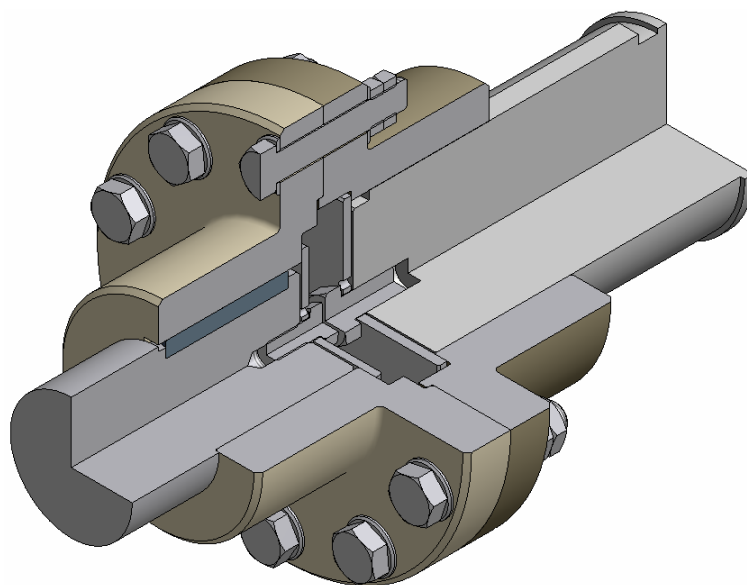
$$\underline{M_U = 1065 \text{ Nm}} \quad [\text{N}; \text{mm}; ^\circ; -]$$

- dovolený utahovací moment M_{UD} pevnostního šroubu (viz příloha H)

- šroub M30, pevnosti 6.8 ... $M_{UD} = 1056 \text{ Nm}$; ($F_{OD} = 180872 \text{ N}$)
 $M_U \leq M_{UD} \dots 1065 \text{ Nm} > 1056 \text{ Nm} \dots \textbf{nevyhovuje} \Rightarrow$ šroub vyšší
 pevnosti

- šroub M30, pevnosti 8.8 ... $M_{UD} = 1408 \text{ Nm}$; ($F_{OD} = 241163 \text{ N}$)
 $M_U \leq M_{UD} \dots 1065 \text{ Nm} \leq 1408 \text{ Nm} \dots \textbf{vyhovuje}$
 $F_Q \leq F_{OD} \dots 179317 \text{ N} \leq 241163 \text{ N} \dots \textbf{vyhovuje}$

Navržená třecí kotoučová spojka dle obr. 2.7b obsahuje 10ks šroubových spojů s pevnostními šrouby M30, pevnosti 8.8, jejichž utahovací moment je 1065 Nm a osová síla ve šroubu je 179317 N. Šrouby jsou na roztečném poloměru 175mm od osy otáčení. Třecí plocha mezi kotouči bude s vnitřním průměrem 250 mm a s vnějším průměrem 430 mm dle obr. 2.7a. Tlak působící na této ploše nesmí přesáhnout dovolenou hodnotu 80 MPa. Pevnostní kontrola šroubů je uvedena v kap. 3.1.



Obr. 2.7b: Třecí kotoučová spojka

2.8 Brzda pohonu vrátku

Brzda bude umístěna v místě nejmenšího brzdného momentu, tedy na vstupním hřídeli do převodovky. Přednostně bude vybrána bubnová čelist'ová brzda od výrobce SIBRE. Důvodem je unifikace dílů pro použití komponentů na shazovacím voze (brzdy všech pohonů jsou stejné, liší se pouze velikostí brzdného účinku). Bude vybrána velikost brzdy dle brzdného momentu působícího v místě před převodovkou. Průměr brzdného bubnu bude sjednocen s brzdnými bubny jiných pohonů na stroji.

Potřebné parametry k určení brzdného momentu:

$M_{KB} = 31381 \text{ Nm}$...krouticí moment působící na hřídel lanového bubnu

$i_P = 400$...převodový poměr

$J_M = 0,285 \text{ Kg}\cdot\text{m}^2$...moment setrvačnosti elektromotoru

$J_b = 0,132 \text{ Kg}\cdot\text{m}^2$...moment setrvačnosti brzdného bubnu

$J_{S1} = 0,034 \text{ Kg}\cdot\text{m}^2$...moment setrvačnosti spojky za motorem

$t_b = 0,3 \text{ s}$...čas brždění

$n_M = 978 \text{ min}^{-1}$...jmenovité otáčky motoru

- brzdny moment na vstupu do převodovky

$$M_b = \frac{2 \cdot M_{KB}}{i_P} + (J_M + J_{S1} + J_b) \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n_M}{t_b}$$

$$M_b = \frac{2 \cdot 31381}{400} + (0,285 + 0,034 + 0,132) \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 978}{60 \cdot 0,3}$$

$$M_b = 311 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}; -; \text{Kg}\cdot\text{m}^2; \text{s}; \text{min}^{-1}]$$

- vybraná brzda

SIBRE TE 250 s brzdny účinkem 100 – 850 Nm

3 Pevnostní kontrola

3.1 Kontrola pevnostních šroubů třecí spojky

Pro kombinované namáhání krutem a tahem se stanoví ekvivalentní napětí působící na šroub při jeho montáži (utahovací moment a předpětí šroubu). Protože je šroubový spoj namáhán příčnou silou a předpokládá se přenos zatížení pouze třením, bude šroub namáhán tahem silou předpětí F_Q a během montáže také krutem odporovým momentem v závitu M_{ZU} . Mezním napětím při statickém zatížení strojních součástí je mez kluzu R_e . [5]

Zadané a vypočítané veličiny pro níže uvedený postup:

$R_{eS} = 800 \text{ MPa}$...mez kluzu materiálu šroubů (viz příloha H)

$k_p = 1,5$...požadovaná bezpečnost (obecná hodnota)

$F_Q = 179317 \text{ N}$...síla předpětí ve šroubovém spoji

$d_{Z2} = 27,727 \text{ mm}$...střední průměr závitu šroubu M30

$d_{Z3} = 25,706 \text{ mm}$...průměr jádra závitu šroubu M30

$\gamma_Z = 2,3^\circ$...úhel stoupání šroubovice závitu

$\varphi_Z' = 9,83^\circ$...třecí úhel závitu

- odporový krouticí moment v závitu šroubu

$$M_{ZU} = \frac{F_Q}{2} \cdot d_{Z2} \cdot \tan(\gamma_Z + \varphi_Z')$$

$$M_{ZU} = \frac{179317}{2} \cdot 27,727 \cdot \tan(2,3 + 9,83) \cdot 10^{-3} = 534 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}; \text{N}; \text{mm}; ^\circ]$$

- napětí v krutu působící na šroub (průměr jádra závitu $d_{Z3} = 25,706 \text{ mm}$)

$$\tau_{kS} = \frac{16 \cdot M_{ZU}}{\pi \cdot d_{Z3}^3}$$

$$\tau_{kS} = \frac{16 \cdot 534}{\pi \cdot 25,706^3} \cdot 10^3 = 160 \text{ MPa} \quad [\text{MPa}; \text{Nm}; \text{mm}]$$

- tahové napětí ve šroubu

$$\sigma_{t\dot{s}} = \frac{4 \cdot F_Q}{\pi \cdot d_{Z3}^2}$$

$$\sigma_{t\dot{s}} = \frac{4 \cdot 179317}{\pi \cdot 25,706^2} = 346 \text{ MPa} \quad [\text{MPa; N; mm}]$$

- ekvivalentní napětí v nosném průřezu šroubu

$$\sigma_{e\dot{s}} = \sqrt{\sigma_{t\dot{s}}^2 + 3 \cdot \tau_{k\dot{s}}^2}$$

$$\sigma_{e\dot{s}} = \sqrt{346^2 + 3 \cdot 160^2} = 443 \text{ MPa} \quad [\text{MPa}]$$

- dovolené napětí v tahu pro materiál šroubu M30 x 150 pevnosti 8.8

$$\sigma_{tD\dot{s}} = \frac{R_{e\dot{s}}}{k_p}$$

$$\sigma_{tD\dot{s}} = \frac{800}{1,5} = 530 \text{ MPa} \quad [\text{MPa; –}]$$

- kontrola mezního napětí

$$\sigma_{e\dot{s}} \leq \sigma_{tD\dot{s}} \dots 443 \text{ MPa} \leq 530 \text{ MPa} \dots \underline{\text{vyhovuje}}$$

3.2 Kontrola dovoleného tlaku na třecí ploše spojky

V kap. 2.7 byla stanovena velikost mezikruhov \acute{e} třecí plochy spojky s vnitřním průměrem $d_{ST} = 250\text{mm}$ a s vnějším průměrem $D_{ST} = 430\text{mm}$ (obr. 2.7a). Tyto hodnoty byly navrženy na základě velikosti spojky bez kontrolního výpočtu. Proto je nutné provést výpočet hodnoty tlaku p_S , který mezi oběma kotouči na stykové ploše spojky působí. Velikost tohoto tlaku nesmí přesáhnout dovolenou hodnotu tlaku $p_{SD} = 80\text{MPa}$. [2]

- tlak ve stykové ploše kotoučů se vypočte ze vztahu

$$p_s = \frac{4 \cdot i_s \cdot F_Q}{\pi \cdot (D_{ST}^2 - d_{ST}^2)}$$

$$p_s = \frac{4 \cdot 10 \cdot 179317}{\pi \cdot (430^2 - 250^2)} = 18,65 \text{ MPa} \quad [\text{MPa}; -; \text{N}; \text{mm}]$$

- dovolená hodnota

$$p_s \leq p_{SD} \dots 18,65 \text{ MPa} \leq 80 \text{ MPa} \dots \underline{\text{vyhovuje}}$$

3.3 Kontrola pera hřídele lanového bubnu

Kontrola pera na smyk a otláčení. Pero přenáší krouticí moment mezi kotoučem třecí spojky a hřídelem lanového bubnu. Velikost krouticího momentu odpovídá maximální hodnotě krouticího momentu působícího na hřídel lanového bubnu M_{KB} .

Zadané hodnoty pro kontrolní výpočet:

$M_{KB} = 31381 \text{ Nm}$... maximální hodnota přenášeného krouticího momentu

$d_{S1} = 130 \text{ mm}$... průměr uložení náboje a hřídele

$PERO 32x18x140$... těsné pero ($b_p = 32 \text{ mm}$; $h_p = 18 \text{ mm}$; $l_p = 140 \text{ mm}$)

$i_{PS} = 1$... počet použitých per

$p_{PD} = 120 \text{ MPa}$... mezní hodnota dovoleného tlaku pro neposuvný ocelový náboj [3]

$\tau_{PD} = 125 \text{ MPa}$... dovolené smykové napětí materiálu pera (ocel 11700) [4]

- působící tlak

$$p_P = \frac{2 \cdot M_{KB}}{i_{PS} \cdot d_{S1} \cdot 0,45 \cdot h_p \cdot l_p}$$

$$p_P = \frac{2 \cdot 31381}{1 \cdot 130 \cdot 0,45 \cdot 18 \cdot 140} \cdot 10^3 = 426 \text{ MPa} \quad [\text{MPa}; \text{Nm}; -; \text{mm}]$$

- působící smykové napětí

$$\tau_P = \frac{2 \cdot M_{KB}}{i_{PS} \cdot d_{S1} \cdot b_P \cdot l_P}$$

$$\tau_P = \frac{2 \cdot 31381}{1 \cdot 130 \cdot 32 \cdot 140} \cdot 10^3 = 108 \text{ MPa} \quad [\text{MPa}; \text{Nm}; -, \text{mm}]$$

- kontrola tlaku a napětí s dovolenými hodnotami

$$p_P \leq p_{PD} \dots 426 \text{ MPa} > 120 \text{ MPa} \dots \textbf{nevyhovuje}$$

$$\tau_P \leq \tau_{PD} \dots 108 \text{ MPa} \leq 125 \text{ MPa} \dots \textbf{vyhovuje}$$

Pro navržené pero nevyhovuje pevnostní výpočet z hlediska otlačení pera. Pro snížení působícího tlaku se navrhne pero větší a počet per se zvýší z jednoho kusu na tři. Provede se následně stejná kontrola na otlačení pro nové parametry pera.

Změněné parametry pera pro snížení působícího tlaku

PERO 36x20x160 ...těsné pero ($b_P = 36\text{mm}$; $h_P = 20\text{mm}$; $l_P = 160\text{mm}$)

$i_{PS} = 3$...počet použitých per

- působící tlak

$$p_P = \frac{2 \cdot M_{KB}}{i_{PS} \cdot d_{S1} \cdot 0,45 \cdot h_P \cdot l_P}$$

$$p_P = \frac{2 \cdot 31381}{3 \cdot 130 \cdot 0,45 \cdot 20 \cdot 160} \cdot 10^3 = 112 \text{ MPa} \quad [\text{MPa}; \text{Nm}; -, \text{mm}]$$

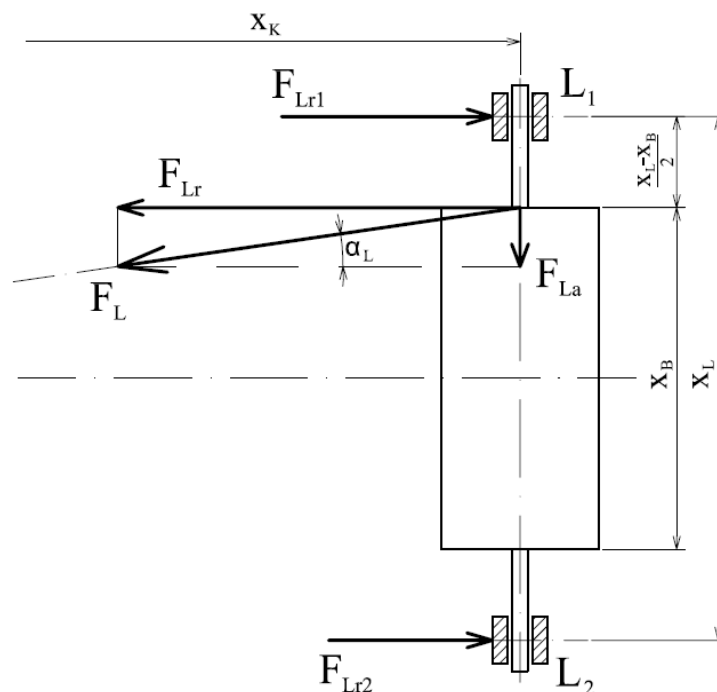
- kontrola tlaku

$$p_P \leq p_{PD} \dots 112 \text{ MPa} \leq 120 \text{ MPa} \dots \textbf{vyhovuje}$$

Pro přenos krouticího momentu hřídele lanového bubnu a kotouče třecí spojky budou použita 3 těsná pera 36x20x160 materiálu 11700.

3.4 Základní výpočet trvanlivosti ložiska

Pro uložení hřídele lanového bubnu budou použita soudečková ložiska FAG. Na každé straně bubnu bude jedno ložisko, které bude uloženo vnitřním kroužkem na hřídeli bubnu, vnější kroužek bude uložen v ložiskovém tělese. Obě ložiska budou typově shodná, budou společně zachycovat radiální sílu F_{Lr} od lanového bubnu, pouze jedno ložisko bude zachycovat navíc i axiální sílu F_{La} vznikající od síly působení lana na lanový buben v případě, že bude lano působit na buben mimo střed lanového bubnu. Maximální velikost axiální síly bude v případě působení lana na okrajích bubnu dle obr. 3.4a.



Obr. 3.4a: Složky síly působící na buben v krajní poloze lana

$$x_B = 750 \text{ mm}; x_L = 1000 \text{ mm}; x_K = 11200 \text{ mm}$$

- úhel náběhu lana na buben v krajní poloze bubnu

$$\alpha_L = \arctan\left(\frac{x_B}{2 \cdot x_K}\right)$$

$$\alpha_L = \arctan\left(\frac{750}{2 \cdot 11200}\right) = 1,92^\circ \quad [^\circ; \text{mm}]$$

Dle zadané polohy středu bubnu (x_K, y_K) a dle jeho šířky (x_B) je maximální hodnota náběhového úhlu lana na lanový buben rovna $\alpha_L = 1,9^\circ$ (viz obr. 2.6a. a 3.4a). Pro výpočet životnosti ložiska je třeba do výpočtu uvažovat radiální a axiální sílu působící na ložisko v jejich maximálních hodnotách (v krajní poloze náběhu lana na buben).

- axiální síla působící na lanový buben

$$F_{La} = F_L \cdot \sin \alpha_L$$

$$F_{La} = 104602 \cdot \sin 1,92 = 3502 \text{ N} \quad [\text{N}; ^\circ]$$

- radiální reakce působící v ložiskách lanového bubnu (obr. 3.4a)

(z momentové rovnováhy se určí radiální síly F_{Lr1} a F_{Lr2} v ložiskách L_1 a L_2)

$$F_{Lr2} = (F_L \cdot \cos \alpha_L) \cdot \frac{x_L - x_B}{2 \cdot x_L}$$

$$F_{Lr2} = (104602 \cdot \cos 1,92) \cdot \frac{1000 - 750}{2 \cdot 1000} = 13068 \text{ N} \quad [\text{N}; ^\circ; \text{mm}]$$

$$F_{Lr1} = (F_L \cdot \cos \alpha_L) - F_{Lr2}$$

$$F_{Lr1} = (104602 \cdot \cos 1,92) - 13068 = 91475 \text{ N} \quad [\text{N}; ^\circ]$$

Pro stanovení životnosti ložiska se musí uvažovat větší z hodnot F_{Lr1} a F_{Lr2} . Radiální síla působící na ložisko je $F_{Lr1} = 91475 \text{ N}$.

- typ ložiska FAG (parametry dle katalogu viz příloha I)
 - **SOUDEČKOVÉ LOŽISKO 23232-E1-K-TVPB**
 - ložisko s kuželovou dírou 1:12
 - ložisko je na hřídeli připevněno pomocí upínacího pouzdra
 - hlavní rozměry $d_L / D_L / B_L = 160 / 290 / 104$ [mm]
 - součinitel zatížení $e = 0,34$
 - koeficienty axiálního zatížení $Y_1 = 2$; $Y_2 = 2,98$
 - základní dynamická únosnost ložiska $C_r = 1460000 \text{ N}$
 - exponent typu ložiska $p = 10/3$

- ekvivalentní zatížení ložiska (dle katalogu FAG)

$$P_L = F_{Lr1} + Y_1 \cdot F_{La} \quad \dots \text{ pro } F_{La} / F_{Lr1} \leq e \quad (e = 0,34)$$

$$P_L = 0,67 \cdot F_{Lr1} + Y_2 \cdot F_{La} \quad \dots \text{ pro } F_{La} / F_{Lr1} > e \quad (e = 0,34)$$

$$\frac{F_{La}}{F_{Lr1}} = \frac{3502}{91475} = 0,04 \Rightarrow P_L = F_{Lr1} + Y_1 \cdot F_{La}$$

$$P_L = 91475 + 2 \cdot 3502 = 98478 \text{ N} \quad [\text{N}]$$

- základní trvanlivost ložiska

$$L = \left(\frac{C_r}{P_L} \right)^p$$

$$L = \left(\frac{1460000}{98478} \right)^{\frac{10}{3}} = 8005 \quad [10^6 \text{ ot}] \quad [\text{ot}; \text{N}; -]$$

- otáčky lanového bubnu ($D_B = 0,63 \text{ m}$; $v_L = 0,096 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

$$n_B = \frac{v_L}{D_B \cdot \pi}$$

$$n_B = \frac{0,096}{0,63 \cdot \pi} = 0,048 \text{ s}^{-1} = 2,91 \text{ min}^{-1} \quad [\text{s}^{-1}; \text{m} \cdot \text{s}^{-1}; \text{m}]$$

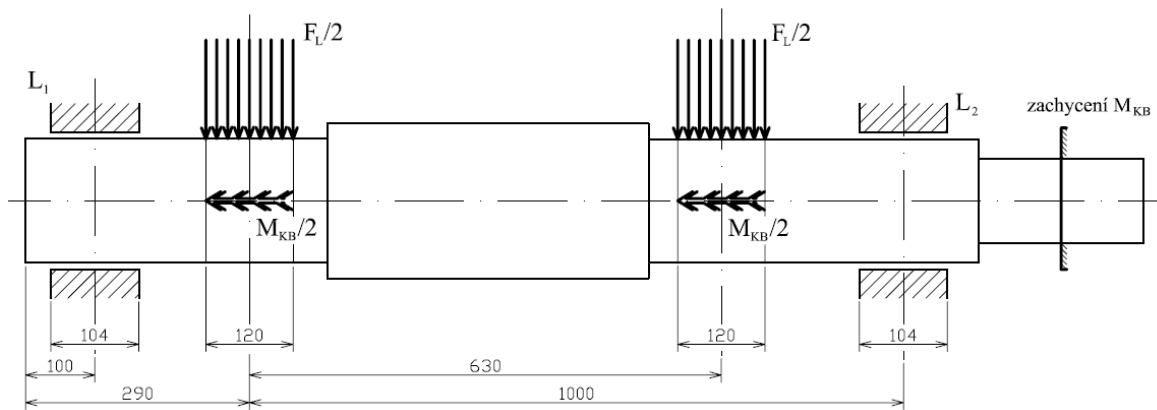
- životnost ložiska

$$L_h = L \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_B}$$

$$L_h = 8005 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 2,91} = 45\,987\,444 \text{ h} \quad [\text{h}; 10^6 \text{ ot}; \text{min}^{-1}]$$

3.5 Simulace zatížení hřídele bubnu

Simulace zatížení lanového bubnu je provedeno v programu Pro/ENGINEER ve výpočtovém modulu MECHANICA umožňující simulaci a analýzu zatížení 3D modelů strojních součástí s grafickým zobrazením výsledků. Hřídel lanového bubnu je zatížen dle obr. 3.5a. Na hřídel vstupuje krouticí moment M_{KB} od hnacího agregátu. Ten z hřídele vystupuje rovnoměrně rozdělen v místech uložení čel bubnu. V místech, kde jsou připojeny ke hřídeli čela bubnu, působí zatížení od lanového bubnu vyvolaného silou v laně F_L . Právě tato síla je rozdělena rovnoměrně na dvě poloviny a působí na hřídel, kde vyvolává ohyb hřídele mezi ložisky.

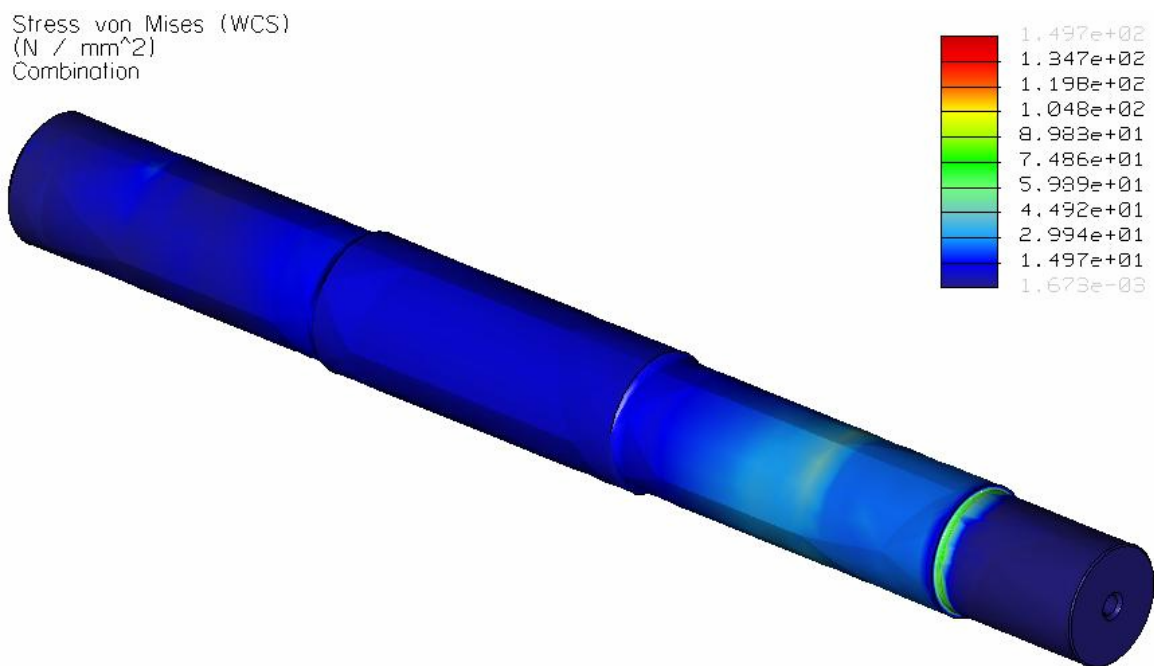


Obr. 3.5a: Schema zatížení hřídele pro simulaci

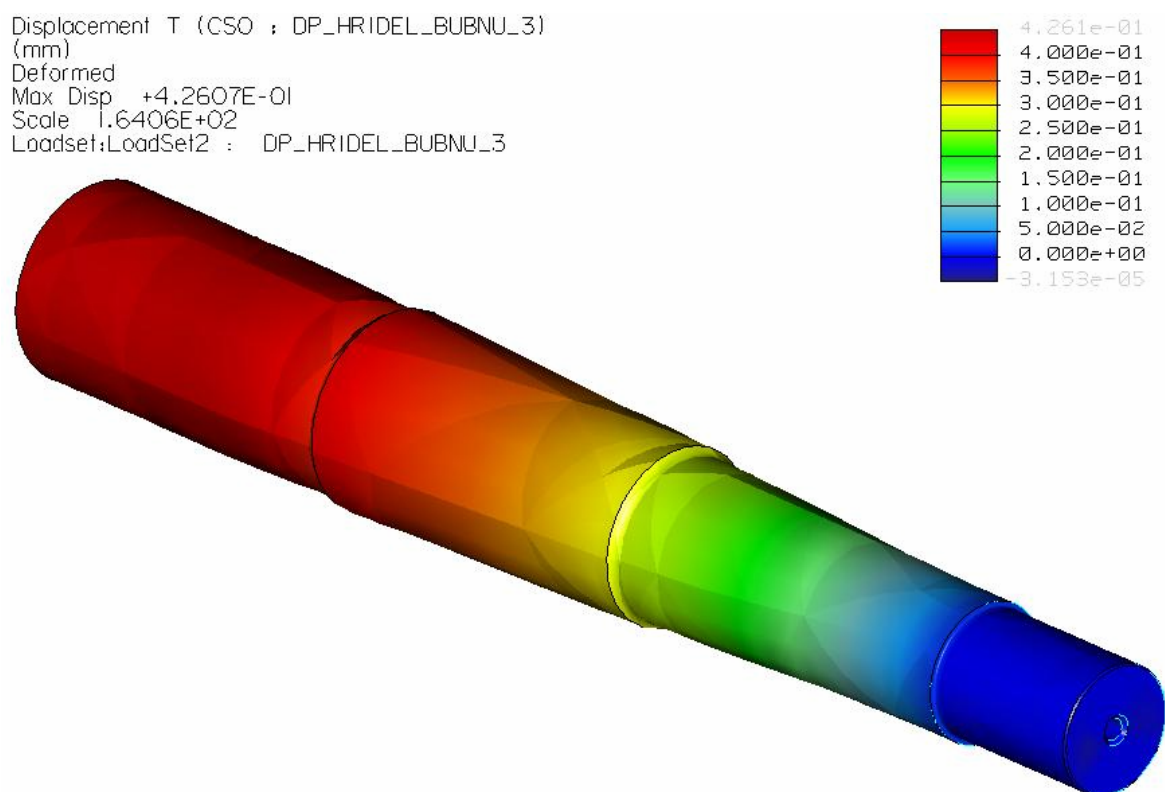
kde: $F_L = 104602 \text{ N}$...síla působící na lanový buben
 $M_{KB} = 15690 \text{ Nm}$...krouticí moment na hřídeli

Po zatížení hřídele lanového bubnu dle obr. 3.5a následuje grafické zobrazení výsledků:

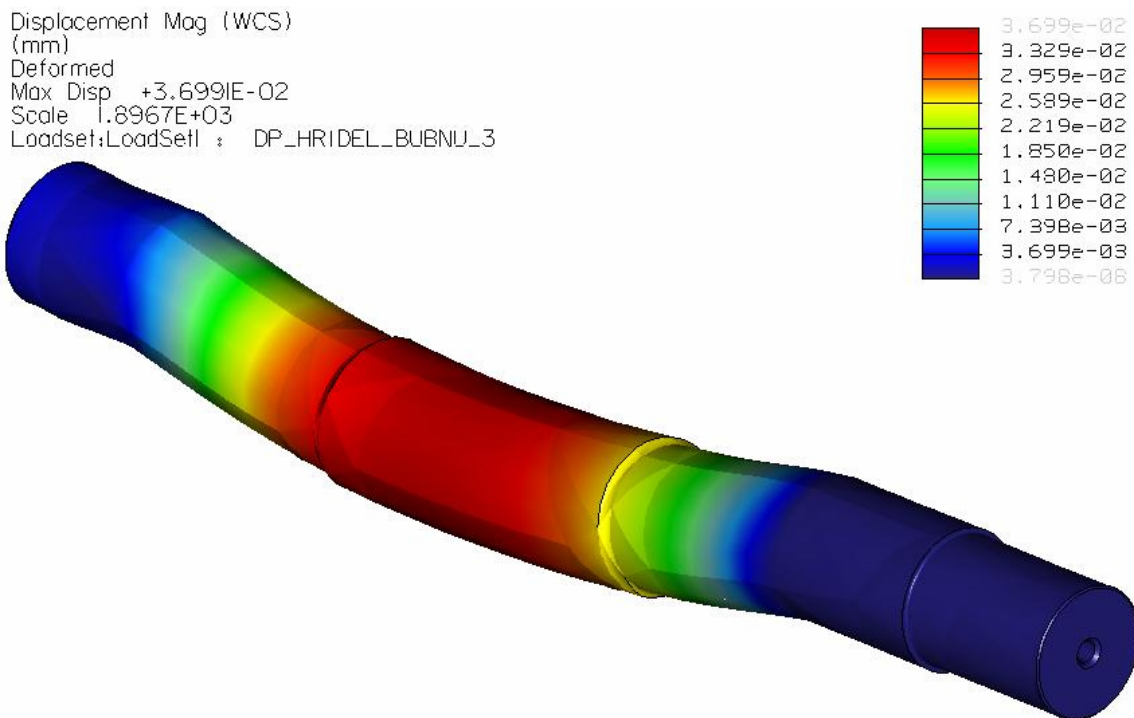
- a) celkové napětí působící na hřídeli (obr. 3.5b)
- b) deformace hřídele vyvolaná krutem (obr. 3.5c)
- c) průhyb hřídele (obr. 3.5d)



Obr. 3.5b: Rozložení napětí na hřídeli



Obr. 3.5c: Zkroucení hřídele



Obr. 3.5d: Průhyb hřídele

Z výše uvedených grafických zobrazení je patrné, že zvýšené napětí působí v místě přechodu z průměru hřídele ze 130mm na 140mm. Velikost tohoto napětí však nepřevyšuje dovolenou hodnotu napětí materiálu hřídele $\sigma_{0D} = 163,3 \text{ MPa}$ (kap. 2.6).

Celkovou deformaci hřídele způsobuje především namáhání krutem. Deformace zkroucením je v místě volného konce hřídele o velikosti 0,4 mm. Maximální průhyb hřídele je dle grafického zobrazení v prostřední části hřídele o velikosti 0,03 mm. Z těchto dvou hodnot lze usoudit, že krouticí moment způsobuje přibližně 10 krát větší deformaci hřídele než zatížení ohybem.

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout zdvihový vrátek pro projektovaný shazovací vůz s označení SV 1800H/01 ve firmě NOEN, a. s. Hlavním úkolem bylo provést návrh kompletního celku pohonu vrátku včetně navíjecích bubnů, převodovky, spojky apod. Součástí bylo také modelování jednotlivých komponentů vrátku v programu Inventor 2010 a následné sestavení do kompaktního celku. Součásti byly v některých případech vybírány z katalogů od různých výrobců, v jiném případě bylo potřeba navrhnout díl z důvodu levnější výroby nebo nedostupnosti od výrobců.

V první části práce je popsán shazovací vůz a zvoleny možnosti způsobu zdvihů sklopných částí velkostrojů obecně a systém zdvihu použitý na shazovacím voze.

Následující kapitola se zabývá vlastním návrhem jednotlivých komponentů zdvihového vrátku společně s vytvořením modelů pro následné vložení do sestavy zdvihu. Stanovení komponentů s vyhovujícími technickými parametry vychází ze zatížení pro jednotlivé provozní stavy stroje. Základem pro výpočet je statická složka síly působící v laně kladkostroje dle jeho převodu. Dynamická složka síly je do výpočtu zahrnuta až po určení komponentů pohonu (motoru a převodovky).

Poslední část této práce obsahuje pevnostní kontrolní výpočet vybraných dílů. V kapitole jsou uvedeny typy vybraných ložisek pro uložení hřídele lanového bubnu se stanovením jejich životnosti. Nakonec je zde analýza zatížení hřídele lanového bubnu metodou konečných prvků s grafickým zobrazením výsledků napětí a deformace.

Výsledkem práce je sestavení navržených dílů zdvihového vrátku, který bude společně s kladkostrojem použit ve výstavbě nového shazovacího vozu pracujícího v návaznosti na nové skrývkové kolesové rýpadlo KK1300 v Dolech Bílina. K práci jsou také přiloženy výkresy výrobní dokumentace vybraných dílů ze zdvihového vrátku včetně projekčního výkresu celkové sestavy vrátku.

Seznam použité literatury

- [1] ČSN ISO 8087. Zdvihačí zařízení. Velikosti bubnů a kladek. Mobilní jeřáby. [s.l.] : ISO, Listopad 1992. 4 s.
- [2] ŘEŘÁBEK, A. Stavba a provoz strojů pro školu a praxi – Strojní součásti 2. Scientia Praha. 2009, s. 254. ISBN 978-80-86960-21-0.
- [3] PEŠÍK, L. Části strojů 2.díl. TUL. 2008, s.201. ISBN 978-80-7372-320-0.
- [4] ŘASA, J.; ŠVERCL, J. Strojnické tabulky pro školu a praxi. Scientia Praha. 2004, s. 753. ISBN 80-7183-312-6.
- [5] PEŠÍK, L. Části strojů 1.díl. TUL. 2008, s.201. ISBN 978-80-7372-319-4.

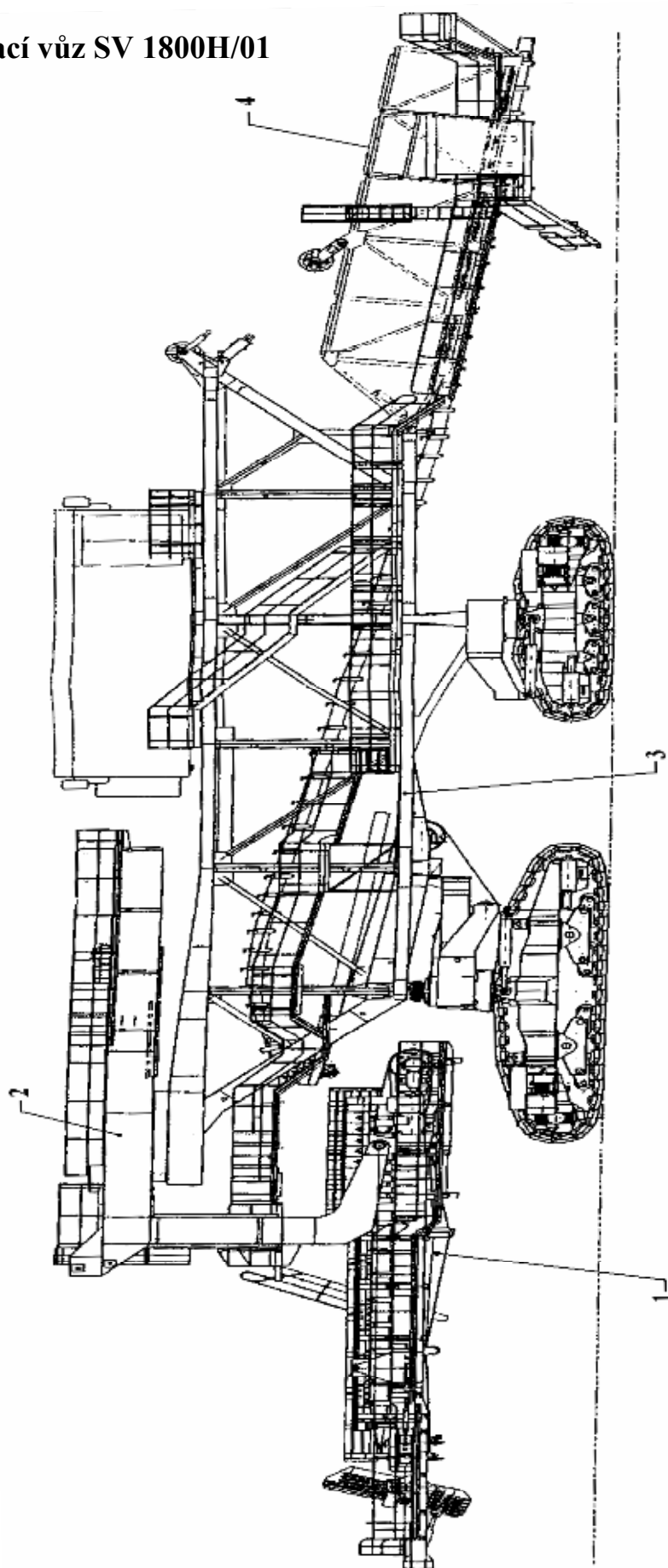
Seznam příloh

| | |
|------------|--|
| Příloha A: | Shazovací vůz SV 1800H/01 |
| Příloha B: | Technické parametry elektromotorů SIEMENS |
| Příloha C: | Hodnoty součinitele provozu, zatížení a spouštění pro převodovku SEW |
| Příloha D: | Parametry převodovek SEW se jmenovitým momentem 90kNm |
| Příloha E: | Pracovní polohy čelních převodovek SEW |
| Příloha F: | Montážní plochy převodovek SEW |
| Příloha G: | Parametry spojky REXNORD |
| Příloha H: | Doporučené utahovací momenty pro šrouby z uhlíkové a legované oceli |
| Příloha I: | Parametry ložiska a ložiskového domku FAG |
| Příloha J: | 3D model zdvihu výložníku |
| Příloha K: | 3D model zdvihového vrátku |

Seznam výkresové dokumentace

| Číslo | Název | Druh | Velikost |
|-------------------|-------------------------|----------|----------|
| DP-FS-KVM-626-01 | Vrátek zdvihu výložníku | projekt | A1 |
| DP-FS-KVM-626-02 | Třecí spojka | sestava | A3 |
| DP-FS-KVM-626-02K | Třecí spojka | kusovník | A4 |
| DP-FS-KVM-626-03 | Kotouč spojky 1 | díl | A3 |
| DP-FS-KVM-626-04 | Kotouč spojky 2 | díl | A3 |
| DP-FS-KVM-626-05 | Hřídel bubnu | díl | A3 |
| DP-FS-KVM-626-06 | Buben | sestava | A3 |
| DP-FS-KVM-626-06K | Buben | kusovník | A4 |
| DP-FS-KVM-626-07 | Buben – svařenec | sestava | A3 |
| DP-FS-KVM-626-07K | Buben – svařenec | kusovník | A4 |
| DP-FS-KVM-626-08 | Příložka | díl | A4 |
| DP-FS-KVM-626-09 | Čelo bubnu | sestava | A3 |
| DP-FS-KVM-626-09K | Čelo bubnu | kusovník | A4 |
| DP-FS-KVM-626-10 | Válec bubnu | díl | A3 |
| DP-FS-KVM-626-11 | Plech čela bubnu | díl | A4 |
| DP-FS-KVM-626-12 | Výztuha čela bubnu | díl | A4 |

Příloha A: Shazovací vůz SV 1800H/01



1-výložník, 2-otočná část, 3-smyčková část, 4-náběžný díl


Příloha B: Technické parametry elektromotorů SIEMENS

Motory s rotorem nakrátko

Motory 1LG6 - základní řada

Motory šetřící energii - „Vysoká účinnost“ podle CEMEP,
stupeň ochrany krytem IP55, tepelná třída izolace F, 400 V, 50 Hz

Technická data pro výběr a objednávání

| Jmeno- vitý výkon | Velikost | Objednací číslo Zkrácené označení (číslice) pro napětí a tvar viz tabulka níže | Třída účinnosti | Jmeno- vitá otáčky | Účinnost η 4/4 3/4 jmenovitého výkonu | Účinník $\cos \varphi$ při 4/4 3/4- jmenovitého výkonu | Jmeno- vitý proud při 400 V | Jmeno- vitý moment | Poměrný záběrný moment Při přímém spouštění na síť v násobcích jmenovitého momentu | Poměrný záběrný proud při spouštění na síť v násobcích jmenovitého proudu | Poměrný moment zvratu momentu | Momen- tová třída KL | Momen- tové pásmo viz strana 2/12 | Moment setrvač- nosti J | Hmotnost Tvar IM B3 cca | |
|---|----------|--|---|--------------------------|---|--|---|--------------------------|---|---|--|-------------------------------|--|----------------------------------|--|------|
| kW | | |  | min ⁻¹ | % | % | A | Nm | - | - | - | | | kgm ² | kg | |
| 3000 min⁻¹, 2 pólové, 50 Hz | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 180 M | 1LG6 183-2AA.. ¹⁾ 1 | 2955 | 94,1 | 94,5 | 0,88 | 0,85 | 38,5 | 71 | 2,5 | 7,2 | 3,4 | 16 | 2 | 0,086 | 180 |
| 30 | 200 L | 1LG6 206-2AA.. ¹⁾ 1 | 2960 | 93,5 | 93,4 | 0,88 | 0,85 | 53 | 97 | 2,4 | 7,0 | 3,3 | 16 | 2 | 0,151 | 225 |
| 37 | 200 L | 1LG6 207-2AA.. ¹⁾ 1 | 2960 | 94,1 | 94,0 | 0,89 | 0,86 | 64 | 119 | 2,5 | 7,2 | 3,3 | 16 | 2 | 0,182 | 255 |
| 45 | 225 M | 1LG6 223-2AA.. ¹⁾ 1 | 2965 | 94,9 | 95,1 | 0,89 | 0,87 | 77 | 145 | 2,5 | 7,3 | 3,2 | 16 | 2 | 0,266 | 330 |
| 55 | 250 M | 1LG6 253-2AA.. ¹⁾ 1 | 2975 | 95,3 | 95,3 | 0,90 | 0,88 | 93 | 177 | 2,4 | 6,8 | 3,0 | 16 | 14 | 0,466 | 420 |
| 75 | 280 S | 1LG6 280-2AB.. ¹⁾ 1 | 2975 | 95,2 | 95,2 | 0,89 | 0,87 | 128 | 241 | 2,5 | 7,0 | 3,0 | 13 | 14 | 0,832 | 530 |
| 90 | 280 M | 1LG6 283-2AB.. ¹⁾ 1 | 2978 | 95,6 | 95,7 | 0,90 | 0,88 | 150 | 289 | 2,6 | 7,6 | 3,1 | 13 | 14 | 1,00 | 615 |
| 110 | 315 S | 1LG6 310-2AB.. ¹⁾ | 2982 | 95,8 | 95,7 | 0,91 | 0,89 | 182 | 352 | 2,4 | 6,9 | 2,8 | 13 | 14 | 1,39 | 790 |
| 132 | 315 M | 1LG6 313-2AB.. ¹⁾ | 2982 | 96,0 | 95,9 | 0,91 | 0,91 | 220 | 423 | 2,6 | 7,1 | 2,9 | 13 | 14 | 1,62 | 915 |
| 160 | 315 L | 1LG6 316-2AB.. | 2982 | 96,4 | 96,4 | 0,92 | 0,91 | 260 | 512 | 2,5 | 7,1 | 2,9 | 13 | 14 | 2,09 | 1055 |
| 200 | 315 L | 1LG6 317-2AB.. | 2982 | 96,5 | 96,5 | 0,93 | 0,92 | 320 | 641 | 2,5 | 6,9 | 2,8 | 13 | 14 | 2,46 | 1245 |
| 1500 min⁻¹, 4 pólové, 50Hz | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18,5 | 180 M | 1LG6 183-4AA.. ¹⁾ 1 | 1470 | 92,6 | 93,2 | 0,83 | 0,78 | 34,5 | 120 | 2,5 | 6,4 | 3,0 | 16 | 3 | 0,122 | 155 |
| 22 | 180 L | 1LG6 186-4AA.. ¹⁾ 1 | 1470 | 93,2 | 93,5 | 0,84 | 0,79 | 40,5 | 143 | 2,5 | 6,7 | 3,1 | 16 | 3 | 0,144 | 180 |
| 30 | 200 L | 1LG6 207-4AA.. ¹⁾ 1 | 1470 | 93,3 | 93,4 | 0,85 | 0,80 | 55 | 195 | 2,6 | 6,7 | 3,3 | 16 | 3 | 0,234 | 225 |
| 37 | 225 S | 1LG6 220-4AA.. ¹⁾ 1 | 1480 | 94,0 | 94,4 | 0,85 | 0,81 | 67 | 239 | 2,7 | 6,8 | 3,0 | 16 | 4 | 0,398 | 290 |
| 45 | 225 M | 1LG6 223-4AA.. ¹⁾ 1 | 1480 | 94,5 | 94,7 | 0,85 | 0,82 | 81 | 290 | 2,8 | 6,9 | 3,0 | 16 | 4 | 0,466 | 330 |
| 55 | 250 M | 1LG6 253-4AA.. ¹⁾ 1 | 1485 | 95,1 | 95,3 | 0,87 | 0,83 | 96 | 354 | 2,6 | 7,5 | 3,0 | 16 | 14 | 0,856 | 460 |
| 75 | 280 S | 1LG6 280-4AA.. ¹⁾ 1 | 1485 | 95,1 | 95,2 | 0,87 | 0,84 | 130 | 482 | 2,5 | 6,8 | 2,9 | 16 | 14 | 1,39 | 575 |
| 90 | 280 M | 1LG6 283-4AA.. ¹⁾ 1 | 1486 | 95,4 | 95,5 | 0,86 | 0,83 | 158 | 578 | 2,7 | 7,5 | 3,1 | 16 | 14 | 1,71 | 675 |
| 110 | 315 S | 1LG6 310-4AA.. ¹⁾ | 1488 | 95,9 | 96,0 | 0,87 | 0,84 | 190 | 706 | 2,7 | 7,1 | 2,9 | 16 | 4 | 2,31 | 810 |
| 132 | 315 M | 1LG6 313-4AA.. ¹⁾ | 1488 | 96,1 | 96,2 | 0,88 | 0,85 | 225 | 847 | 2,7 | 7,3 | 2,9 | 16 | 4 | 2,88 | 965 |
| 160 | 315 L | 1LG6 316-4AA.. | 1490 | 96,3 | 96,4 | 0,88 | 0,85 | 275 | 1026 | 3,0 | 7,4 | 3,0 | 16 | 4 | 3,46 | 1105 |
| 200 | 315 L | 1LG6 317-4AA.. | 1490 | 96,4 | 96,5 | 0,88 | 0,86 | 340 | 1282 | 3,2 | 7,6 | 3,0 | 16 | 4 | 4,22 | 1305 |
| 1000 min⁻¹, 6 pólové, 50Hz | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 180 L | 1LG6 186-6AA.. | 975 | 90,9 | 91,7 | 0,81 | 0,77 | 29,5 | 147 | 2,4 | 5,5 | 2,5 | 16 | 9 | 0,203 | 175 |
| 18,5 | 200 L | 1LG6 206-6AA.. | 978 | 91,2 | 91,8 | 0,81 | 0,76 | 36 | 181 | 2,4 | 5,6 | 2,4 | 16 | 9 | 0,285 | 210 |
| 22 | 200 L | 1LG6 207-6AA.. | 978 | 91,9 | 92,5 | 0,82 | 0,78 | 42 | 215 | 2,4 | 5,6 | 2,4 | 16 | 9 | 0,362 | 240 |
| 30 | 225 M | 1LG6 223-6AA.. ¹⁾ | 980 | 93,2 | 93,7 | 0,83 | 0,80 | 56 | 292 | 2,8 | 6,5 | 2,9 | 16 | 9 | 0,629 | 325 |
| 37 | 250 M | 1LG6 253-6AA.. | 985 | 93,7 | 94,1 | 0,83 | 0,79 | 69 | 359 | 2,9 | 6,8 | 2,5 | 16 | 4 | 0,934 | 405 |
| 45 | 280 S | 1LG6 280-6AA.. | 988 | 94,4 | 94,6 | 0,85 | 0,81 | 81 | 435 | 3,0 | 6,8 | 2,7 | 16 | 4 | 1,37 | 520 |
| 55 | 280 M | 1LG6 283-6AA.. | 988 | 94,6 | 94,8 | 0,85 | 0,81 | 99 | 532 | 3,3 | 7,3 | 2,9 | 16 | 4 | 1,65 | 570 |
| 75 | 315 S | 1LG6 310-6AA.. | 990 | 95,0 | 95,0 | 0,83 | 0,79 | 138 | 723 | 2,8 | 7,3 | 3,0 | 16 | 4 | 2,50 | 760 |
| 90 | 315 M | 1LG6 313-6AA.. | 990 | 95,3 | 95,4 | 0,85 | 0,81 | 160 | 868 | 2,7 | 7,3 | 2,9 | 16 | 4 | 3,20 | 935 |
| 110 | 315 L | 1LG6 316-6AA.. | 990 | 95,6 | 95,7 | 0,85 | 0,82 | 196 | 1061 | 2,9 | 7,4 | 2,9 | 16 | 4 | 4,02 | 1010 |
| 132 | 315 L | 1LG6 317-6AA.. | 990 | 95,8 | 95,8 | 0,85 | 0,82 | 235 | 1273 | 3,1 | 7,8 | 3,1 | 16 | 4 | 4,71 | 1180 |
| 750 min⁻¹, 8 pólové, 50Hz | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 180 L | 1LG6 186-8AB.. | 725 | 88,7 | 89,6 | 0,76 | 0,69 | 23,5 | 145 | 1,9 | 4,6 | 2,2 | 13 | 13 | 0,206 | 165 |
| 15 | 200 L | 1LG6 207-8AB.. | 725 | 89,3 | 89,8 | 0,80 | 0,73 | 30,5 | 198 | 2,3 | 5,3 | 2,6 | 13 | 13 | 0,367 | 235 |
| 18,5 | 225 S | 1LG6 220-8AB.. | 730 | 91,1 | 91,8 | 0,81 | 0,75 | 36 | 242 | 2,3 | 5,6 | 2,6 | 13 | 13 | 0,551 | 295 |
| 22 | 225 M | 1LG6 223-8AB.. | 730 | 91,6 | 92,1 | 0,81 | 0,75 | 43 | 288 | 2,4 | 5,8 | 2,8 | 13 | 13 | 0,658 | 335 |
| 30 | 250 M | 1LG6 253-8AB.. | 735 | 92,8 | 93,3 | 0,82 | 0,77 | 57 | 390 | 2,5 | 6,0 | 2,8 | 13 | 9 | 1,06 | 435 |
| 37 | 280 S | 1LG6 280-8AB.. | 738 | 93,1 | 93,3 | 0,81 | 0,76 | 71 | 479 | 2,3 | 5,7 | 2,3 | 13 | 4 | 1,35 | 510 |
| 45 | 280 M | 1LG6 283-8AB.. | 738 | 93,7 | 94,0 | 0,81 | 0,77 | 86 | 582 | 2,6 | 6,1 | 2,5 | 13 | 4 | 1,63 | 560 |
| 55 | 315 S | 1LG6 310-8AB.. | 740 | 94,3 | 94,4 | 0,82 | 0,77 | 102 | 710 | 2,5 | 6,3 | 2,9 | 13 | 14 | 2,48 | 750 |
| 75 | 315 M | 1LG6 313-8AB.. | 740 | 94,5 | 94,7 | 0,83 | 0,78 | 138 | 968 | 2,5 | 6,7 | 2,9 | 13 | 14 | 3,14 | 840 |
| 90 | 315 L | 1LG6 316-8AB.. | 740 | 94,7 | 95,1 | 0,84 | 0,80 | 164 | 1161 | 2,4 | 6,3 | 2,8 | 13 | 14 | 3,95 | 1005 |
| 110 | 315 L | 1LG6 317-8AB.. | 740 | 94,8 | 95,1 | 0,84 | 0,79 | 200 | 1420 | 2,4 | 6,4 | 2,6 | 13 | 14 | 4,52 | 1100 |

1) Pro síťové napětí 230 V jsou nutné paralelní přívody.

- Jmenovitý výkon platí pro trvalé zatížení dle ČSN EN 60034-1 při kmitočtu 50 Hz, teplotě okolí do 40°C a nadmořské výšce do 1000m.
- Motory snesou po dobu 2 min 1,5 násobek jmenovitého proudu při jmenovitém napětí a jmenovitém kmitočtu.
- Motory 1LG6 ve standardním provedení je možné provozovat při teplotách okolí od -20°C do +55°C

Příloha C: Hodnoty součinitele provozu – F_{smin} , zatížení – F_F a spouštění – F_{start}
(z katalogu převodek SEW EURODRIVE pro návrh převodovky)

- Hodnoty provozního součinitele F_{smin}

| Field of application | Type of application (driven machine) | Application-specific service factor F_{smin} Operating period / day | | |
|---------------------------------|---|--|--------|--------|
| | | < 3 h | 3-10 h | > 10 h |
| Waste water treatment | Impeller areator | - | 1.80 | 2.00 |
| | Thickeners | 1.15 | 1.25 | 1.50 |
| | Vacuum filters | 1.15 | 1.30 | 1.50 |
| | Collectors | 1.15 | 1.25 | 1.50 |
| | Screw pumps | - | 1.30 | 1.50 |
| | Brush areators | - | - | 2.00 |
| Mining | Crushers | 1.55 | 1.75 | 2.00 |
| | Screens and shakers | 1.55 | 1.75 | 2.00 |
| | Slewing drives | - | 1.55 | 1.80 |
| | Bucket wheel excavators | 1) | 1) | 1) |
| Energy | Frequency inverters | - | 1.80 | 2.00 |
| | Water wheels (low speed) | - | - | 1.70 |
| | Water turbines | - | - | 1) |
| Conveyors | Bucket elevators | - | 1.40 | 1.50 |
| | Vertical conveyors other | - | 1.50 | 1.80 |
| | Belt conveyors ≤ 100 kW | 1.15 | 1.25 | 1.40 |
| | Belt conveyors > 100 kW | 1.15 | 1.30 | 1.50 |
| | Apron feeders | - | 1.25 | 1.50 |
| | Screw feeders | 1.15 | 1.25 | 1.50 |
| | Shakers, screens | 1.55 | 1.75 | 2.00 |
| | Escalators | 1.25 | 1.25 | 1.50 |
| Rubber and plastic industry | Passenger lifts | 1) | 1) | 1) |
| | Extruders (plastic) | - | 1.40 | 1.60 |
| | Extruders (rubber) | - | 1.50 | 1.80 |
| | Rubber rollers (two in a row) | 1.55 | 1.75 | 2.00 |
| | Rubber rollers (three in a row) | - | 1.50 | 1.75 |
| | Warming mills | 1.35 | 1.50 | 1.75 |
| | Calenders | - | 1.65 | 1.65 |
| | Mills | 1.55 | 1.75 | 2.00 |
| | Mixing mills | 1) | 1) | 1) |
| | Slab rollers | 1.55 | 1.75 | 2.00 |
| | Refiners | 1.55 | 1.75 | 2.00 |
| | Tire machines | 1) | 1) | 1) |
| Timber industry | Timber industry | 1) | 1) | 1) |
| Cranes and hoists | Cranes and hoists | 2) | 2) | 2) |
| Food industry | Crushers and mills | - | - | 1.75 |
| | Beet slicers | - | 1.25 | 1.50 |
| | Drying drums | - | 1.25 | 1.50 |
| Metal production and processing | Winders | - | 1.60 | 1.75 |
| | Slitters | 1.55 | 1.75 | 2.00 |
| | Table conveyors, individual drives | 1) | 1) | 1) |
| | Table conveyors, group drives | 1) | 1) | 1) |
| | Table conveyors, reciprocating | 1) | 1) | 1) |
| | Wire drawing machines | 1.35 | 1.50 | 1.75 |
| | Rollers | 1) | 1) | 1) |

- Hodnoty součinitele zatížení F_F

Peak load factor F_F

The peak load factor F_F takes account of the overload capacity of the gearing and the rotating parts.

| Peak factor F_F | | | | | |
|---------------------------------|--------|---------|---------|----------|-------|
| Frequency of peak load per hour | | | | | |
| 1...5 | 6...20 | 21...40 | 41...80 | 81...160 | > 160 |
| 1.0 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.75 | 2.0 |

- Hodnoty součinitele spouštění F_{start}


















Startup factor F_{start}













The startup factor F_{start} takes account of the overload caused by startup.

| Startup mode | Startup factor F_{start} |
|--|----------------------------|
| Direct | 3.0 |
| Soft start | 1.8 |
| Frequency inverter | 1.5...2.0 ¹⁾ |
| Star / delta | 1.3 |
| Hydraulic coupling without delay chamber | 2.0 |
| Hydraulic coupling with delay chamber | 1.6 |

1) Dependent on setting

Příloha D: Parametry převodovek SEW se jmenovitým momentem 90kNm

| X.F210...n ₁ = 1000 1/min | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 90 kNm |
|--------------------------------------|--|--------------------------|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|-----|----------------------------|
| | | | | P _{TH} [kW] 20 °C | | | | | | | | | | | | | | | |
| i _N | n ₂ [min ⁻¹] | M _{N2} [kNm] | P _{N1} [kW] |  | | | |  | | | |  | | | |  2/3/4 M1 M5 M4 | | | |
| | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  | | |
| 7.1 | 137 | 75.5 | 1111 | 320 | 540 | 930 | 590 | 790 | *) | *) | 800 | 710 | 930 | *) | 405 | 1000 | 465 | 690 | X2F.. 274 326 350 |
| 8 | 121 | 79.3 | 1030 | 305 | 510 | 870 | 560 | 740 | *) | *) | 770 | 690 | 890 | *) | 390 | 960 | 450 | 660 | |
| 9 | 111 | 81.1 | 962 | 310 | 500 | 810 | 530 | 710 | *) | 305 | 840 | 750 | 930 | *) | 445 | 950 | 480 | 680 | |
| 10 | 98 | 84.2 | 882 | 310 | 495 | 760 | 520 | 690 | *) | 315 | 830 | 720 | 900 | 235 | 445 | 940 | 470 | 660 | |
| 11.2 | 88 | 86.8 | 815 | 305 | 480 | 690 | 485 | 650 | *) | 390 | 840 | 730 | 900 | 270 | 465 | 910 | 470 | 650 | |
| 12.5 | 77 | 90.0 | 747 | 305 | 475 | 660 | 470 | 630 | 190 | 390 | 830 | 700 | 870 | 270 | 460 | 890 | 455 | 630 | |
| 14 | 70 | 90.0 | 672 | 305 | 475 | 620 | 460 | 620 | 250 | 440 | 850 | 720 | 880 | 300 | 485 | 890 | 460 | 640 | |
| 16 | 61 | 90.0 | 593 | 300 | 470 | 590 | 445 | 600 | 250 | 435 | 830 | 690 | 850 | 295 | 480 | 870 | 445 | 620 | |
| 18 | 54 | 90.0 | 524 | 275 | 425 | 510 | 395 | 540 | 280 | 425 | 770 | 620 | 770 | 285 | 445 | 790 | 405 | 560 | |
| 20 | 48 | 90.0 | 462 | 260 | 400 | 465 | 365 | 500 | 245 | 400 | 720 | 570 | 710 | 270 | 420 | 740 | 375 | 520 | |
| 22.4 | 43 | 88.0 | 407 | 190 | 295 | 320 | 255 | 355 | 170 | 285 | 500 | 380 | 480 | 195 | 305 | 520 | 255 | 365 | X3F.. 280 330 354 |
| 25 | 38 | 90.0 | 368 | 190 | 290 | 310 | 250 | 345 | 170 | 280 | 490 | 365 | 465 | 190 | 300 | 510 | 250 | 355 | |
| 28 | 34 | 90.0 | 333 | 180 | 270 | 280 | 230 | 320 | 165 | 265 | 455 | 335 | 430 | 180 | 285 | 470 | 230 | 330 | |
| 31.5 | 30 | 90.0 | 294 | 175 | 270 | 265 | 225 | 310 | 160 | 265 | 445 | 325 | 415 | 180 | 280 | 460 | 225 | 325 | |
| 35.5 | 27 | 90.0 | 269 | 170 | 260 | 250 | 210 | 300 | 155 | 255 | 425 | 305 | 395 | 175 | 270 | 440 | 215 | 310 | |
| 40 | 24 | 90.0 | 237 | 165 | 255 | 240 | 205 | 290 | 155 | 250 | 415 | 295 | 385 | 170 | 265 | 425 | 210 | 305 | |
| 45 | 23 | 90.0 | 220 | 160 | 245 | 225 | 195 | 275 | 165 | 255 | 400 | 285 | 370 | 170 | 260 | 405 | 205 | 290 | |
| 50 | 20 | 90.0 | 194 | 155 | 235 | 210 | 185 | 265 | 155 | 245 | 380 | 270 | 350 | 165 | 250 | 385 | 195 | 280 | |
| 56 | 18 | 90.0 | 178 | 160 | 235 | 210 | 190 | 265 | 160 | 245 | 380 | 270 | 350 | 165 | 255 | 385 | 195 | 280 | |
| 63 | 16 | 90.0 | 157 | 150 | 225 | 200 | 180 | 250 | 155 | 235 | 360 | 250 | 330 | 160 | 240 | 365 | 185 | 270 | |
| 71 | 14 | 90.0 | 134 | 140 | 210 | 175 | 165 | 230 | 150 | 220 | 330 | 230 | 300 | 150 | 225 | 335 | 175 | 245 | X4F.. 288 334 358 |
| 80 | 12 | 90.0 | 118 | 140 | 205 | 170 | 160 | 225 | 145 | 220 | 320 | 220 | 290 | 150 | 220 | 325 | 170 | 240 | |
| 90 | 11 | 90.0 | 108 | 135 | 200 | 165 | 150 | 215 | 140 | 210 | 310 | 210 | 280 | 145 | 215 | 310 | 160 | 230 | |
| 100 | 9.8 | 90.0 | 95 | 130 | 195 | 160 | 150 | 210 | 140 | 210 | 300 | 205 | 270 | 140 | 210 | 305 | 160 | 225 | |
| 112 | 8.9 | 90.0 | 88 | 110 | - | - | 120 | - | 120 | - | - | 155 | - | 120 | - | - | 130 | - | |
| 125 | 7.8 | 90.0 | 78 | 110 | - | - | 115 | - | 115 | - | - | 150 | - | 115 | - | - | 125 | - | |
| 140 | 7.2 | 90.0 | 71 | 105 | - | - | 115 | - | 115 | - | - | 145 | - | 115 | - | - | 125 | - | |
| 160 | 6.3 | 90.0 | 63 | 105 | - | - | 110 | - | 110 | - | - | 145 | - | 115 | - | - | 120 | - | |
| 180 | 5.8 | 90.0 | 57 | 98 | - | - | 105 | - | 105 | - | - | 130 | - | 105 | - | - | 115 | - | |
| 200 | 5.1 | 90.0 | 51 | 98 | - | - | 105 | - | 105 | - | - | 130 | - | 105 | - | - | 110 | - | |
| 224 | 4.4 | 90.0 | 44 | 88 | - | - | 93 | - | 95 | - | - | 115 | - | 95 | - | - | 100 | - | |
| 250 | 3.9 | 90.0 | 39 | 86 | - | - | 91 | - | 93 | - | - | 115 | - | 94 | - | - | 98 | - | |
| 280 | 3.6 | 90.0 | 35 | 85 | - | - | 89 | - | 92 | - | - | 110 | - | 92 | - | - | 97 | - | |
| 315 | 3.1 | 90.0 | 31 | 84 | - | - | 88 | - | 90 | - | - | 105 | - | 91 | - | - | 95 | - | |
| 355 | 2.9 | 90.0 | 29 | 79 | - | - | 82 | - | 85 | - | - | 100 | - | 85 | - | - | 89 | - | |
| 400 | 2.5 | 90.0 | 25 | 77 | - | - | 80 | - | 83 | - | - | 96 | - | 83 | - | - | 86 | - | |
| X.F210...n ₁ = 1200 1/min | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 90 kNm |
| 7.1 | 165 | 75.5 | 1333 | *) | 560 | 940 | 580 | 820 | *) | *) | 485 | 385 | 650 | *) | *) | 890 | *) | 570 | X2F.. 274 326 350 |
| 8 | 145 | 79.3 | 1236 | *) | 530 | 880 | 550 | 780 | *) | *) | 485 | 390 | 650 | *) | *) | 850 | *) | 560 | |
| 9 | 133 | 81.1 | 1155 | 300 | 530 | 860 | 550 | 760 | *) | *) | 690 | 610 | 840 | *) | 380 | 920 | 405 | 650 | |
| 10 | 117 | 84.2 | 1059 | 300 | 520 | 850 | 540 | 750 | *) | *) | 700 | 620 | 850 | *) | 390 | 920 | 415 | 650 | |
| 11.2 | 105 | 86.8 | 979 | 300 | 510 | 770 | 510 | 710 | *) | 300 | 790 | 700 | 900 | *) | 450 | 920 | 450 | 670 | |
| 12.5 | 93 | 90.0 | 896 | 300 | 510 | 730 | 495 | 690 | *) | 310 | 780 | 670 | 870 | *) | 450 | 900 | 435 | 650 | |
| 14 | 84 | 90.0 | 808 | 305 | 510 | 690 | 485 | 680 | *) | 405 | 840 | 720 | 920 | 260 | 490 | 920 | 460 | 670 | |
| 16 | 74 | 90.0 | 712 | 300 | 500 | 650 | 470 | 660 | *) | 405 | 830 | 690 | 890 | 260 | 485 | 900 | 445 | 650 | |
| 18 | 65 | 90.0 | 628 | 275 | 455 | 580 | 415 | 580 | 220 | 420 | 780 | 640 | 820 | 265 | 465 | 820 | 415 | 600 | |
| 20 | 57 | 90.0 | 555 | 280 | 430 | 510 | 385 | 540 | 210 | 400 | 730 | 590 | 760 | 255 | 440 | 770 | 385 | 560 | |
| 22.4 | 51 | 88.0 | 489 | 195 | 315 | 350 | 270 | 385 | 135 | 275 | 500 | 385 | 510 | 180 | 315 | 540 | 255 | 385 | X3F.. 280 330 354 |
| 25 | 45 | 90.0 | 442 | 190 | 315 | 335 | 260 | 380 | 135 | 275 | 490 | 370 | 490 | 180 | 315 | 520 | 250 | 380 | |
| 28 | 41 | 90.0 | 399 | 180 | 295 | 305 | 240 | 350 | 135 | 265 | 460 | 340 | 455 | 170 | 295 | 490 | 230 | 355 | |
| 31.5 | 36 | 90.0 | 353 | 180 | 290 | 290 | 235 | 340 | 135 | 260 | 445 | 325 | 440 | 170 | 290 | 475 | 225 | 345 | |
| 35.5 | 33 | 90.0 | 322 | 170 | 280 | 270 | 220 | 325 | 135 | 255 | 430 | 310 | 415 | 165 | 285 | 455 | 215 | 330 | |
| 40 | 29 | 90.0 | 285 | 170 | 275 | 260 | 215 | 320 | 130 | 250 | 420 | 295 | 405 | 160 | 280 | 445 | 210 | 320 | |
| 45 | 27 | 90.0 | 264 | 165 | 265 | 245 | 210 | 305 | 160 | 265 | 415 | 300 | 400 | 170 | 280 | 425 | 215 | 315 | |
| 50 | 24 | 90.0 | 233 | 160 | 255 | 230 | 200 | 290 | 150 | 255 | 395 | 280 | 375 | 165 | 265 | 405 | 200 | 300 | |
| 56 | 22 | 90.0 | 213 | 165 | 260 | 225 | 200 | 290 | 155 | 260 | 395 | 280 | 375 | 170 | 270 | 410 | 205 | 305 | |
| 63 | 19 | 90.0 | 188 | 155 | 245 | 215 | 190 | 275 | 150 | 250 | 375 | 265 | 355 | 160 | 260 | 385 | 195 | 290 | |
| 71 | 16 | 90.0 | 161 | 145 | 230 | 190 | 170 | 250 | 150 | 240 | 350 | 245 | 330 | 155 | 245 | 355 | 180 | 270 | X4F.. 288 334 358 |
| 80 | 15 | 90.0 | 142 | 145 | 225 | 185 | 165 | 245 | 150 | 235 | 340 | 235 | 320 | 155 | 240 | 345 | 175 | 260 | |
| 90 | 13 | 90.0 | 130 | 140 | 215 | 175 | 160 | 235 | 145 | 230 | 325 | 225 | 305 | 150 | 235 | 330 | 170 | 255 | |
| 100 | 12 | 90.0 | 115 | 135 | 215 | 170 | 155 | 230 | 140 | 225 | 320 | 215 | 295 | 145 | 230 | 320 | 165 | 245 | |
| 112 | 11 | 90.0 | 105 | 115 | - | - | 130 | - | 125 | - | - | 165 | - | 125 | - | - | 135 | - | |
| 125 | 9.4 | 90.0 | 93 | 110 | - | - | 125 | - | 120 | - | - | 160 | - | 120 | - | - | 130 | - | |
| 140 | 8.6 | 90.0 | 85 | 110 | - | - | 120 | - | 115 | - | - | 155 | - | 120 | - | - | 130 | - | |
| 160 | 7.6 | 90.0 | 75 | 110 | - | - | 120 | - | 115 | - | - | 150 | - | 115 | - | - | 125 | - | |
| 180 | 7.0 | 90.0 | 69 | 100 | - | - | 110 | - | 110 | - | - | 140 | - | 110 | - | - | 120 | - | |
| 200 | 6.1 | 90.0 | 61 | 100 | - | - | 110 | - | 105 | - | - | 135 | - | 110 | - | - | 115 | - | |
| 224 | 5.3 | 90.0 | 52 | 92 | - | - | 98 | - | 99 | - | - | 125 | - | 100 | - | - | 105 | - | |
| 250 | 4.7 | 90.0 | 46 | 91 | - | - | 96 | - | 97 | - | - | 120 | - | 98 | - | - | 105 | - | |
| 280 | 4.3 | 90.0 | 42 | 89 | - | - | 94 | - | 96 | - | - | 115 | - | 97 | - | - | 100 | - | |
| 315 | 3.8 | 90.0 | 37 | 88 | - | - | 92 | - | 94 | - | - | 115 | - | 95 | - | - | 99 | - | |
| 355 | 3.5 | 90.0 | 34 | 83 | - | - | 87 | - | 89 | - | - | 105 | - | 90 | - | - | 94 | - | |
| 400 | 3.1 | 90.0 | 30 | 80 | - | - | 84 | - | 86 | - | - | 100 | - | 87 | - | - | 91 | - | |

| X.F210...n ₁ = 1500 1/min | | | | | | | | | | | | | | | | | | 90 kNm | |
|--------------------------------------|--|--------------------------|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|-------|----------------|--------|-------|
| P _{TH} [kW] 20 °C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| i _N | n ₂ [min ⁻¹] | M _{N2} [kNm] | P _{N1} [kW] | M1 | | | | M5 | | | | M4 | | | | 2/3/4 | M1 M5 M4 | | |
| | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | |
| 7.1 | 206 | 75.5 | 1667 | *) | 560 | 940 | 540 | 850 | *) | *) | *) | *) | *) | *) | *) | 520 | *) | X2F.. | |
| 8 | 182 | 79.3 | 1545 | *) | 540 | 880 | 520 | 800 | *) | *) | *) | *) | *) | *) | *) | 530 | *) | | |
| 9 | 166 | 81.1 | 1444 | *) | 550 | 870 | 530 | 800 | *) | *) | *) | *) | *) | *) | *) | 740 | *) | | |
| 10 | 146 | 84.2 | 1323 | *) | 550 | 870 | 530 | 790 | *) | *) | *) | *) | *) | *) | *) | 760 | *) | | |
| 11.2 | 131 | 86.8 | 1223 | *) | 550 | 840 | 530 | 770 | *) | *) | 580 | 500 | 770 | *) | *) | 360 | 860 | | |
| 12.5 | 116 | 90.0 | 1120 | 280 | 540 | 830 | 520 | 760 | *) | *) | 590 | 510 | 770 | *) | *) | 365 | 860 | | |
| 14 | 104 | 90.0 | 1008 | 290 | 550 | 780 | 510 | 750 | *) | 275 | 760 | 680 | 910 | *) | *) | 480 | 920 | | |
| 16 | 92 | 90.0 | 890 | 290 | 540 | 740 | 495 | 730 | *) | 280 | 740 | 630 | 880 | *) | *) | 480 | 900 | | |
| 18 | 81 | 90.0 | 785 | 270 | 495 | 630 | 440 | 650 | *) | 375 | 760 | 640 | 880 | 215 | 470 | 840 | 405 | | |
| 20 | 72 | 90.0 | 694 | 255 | 465 | 570 | 405 | 600 | *) | 360 | 710 | 580 | 790 | 205 | 445 | 790 | 375 | | |
| 22.4 | 64 | 88.0 | 611 | 190 | 345 | 390 | 280 | 430 | *) | 230 | 465 | 350 | 510 | *) | *) | 315 | 540 | X3F.. | |
| 25 | 56 | 90.0 | 552 | 190 | 340 | 375 | 275 | 420 | *) | 225 | 455 | 335 | 490 | 140 | 310 | 530 | 235 | | 390 |
| 28 | 51 | 90.0 | 499 | 180 | 320 | 335 | 255 | 390 | *) | 230 | 435 | 315 | 460 | 140 | 300 | 495 | 215 | | 365 |
| 31.5 | 45 | 90.0 | 441 | 175 | 315 | 320 | 245 | 380 | *) | 225 | 420 | 300 | 440 | 135 | 295 | 485 | 210 | | 355 |
| 35.5 | 41 | 90.0 | 403 | 170 | 305 | 295 | 235 | 360 | *) | 230 | 410 | 285 | 425 | 135 | 285 | 465 | 200 | | 345 |
| 40 | 36 | 90.0 | 358 | 170 | 300 | 285 | 225 | 350 | *) | 225 | 400 | 275 | 410 | 135 | 285 | 450 | 195 | | 335 |
| 45 | 34 | 90.0 | 330 | 170 | 290 | 270 | 220 | 340 | 135 | 275 | 425 | 310 | 430 | 165 | 300 | 450 | 215 | | 345 |
| 50 | 30 | 90.0 | 291 | 165 | 280 | 250 | 210 | 320 | 130 | 260 | 405 | 290 | 405 | 160 | 285 | 425 | 205 | | 330 |
| 56 | 27 | 90.0 | 268 | 165 | 285 | 250 | 210 | 325 | 135 | 270 | 410 | 285 | 405 | 165 | 290 | 430 | 205 | | 330 |
| 63 | 24 | 90.0 | 235 | 160 | 275 | 230 | 200 | 310 | 130 | 255 | 385 | 270 | 385 | 155 | 280 | 410 | 195 | | 315 |
| 71 | 21 | 90.0 | 201 | 150 | 255 | 210 | 185 | 280 | 150 | 260 | 370 | 260 | 365 | 160 | 270 | 380 | 190 | 300 | |
| 80 | 18 | 90.0 | 177 | 150 | 250 | 200 | 180 | 275 | 145 | 255 | 360 | 250 | 355 | 155 | 265 | 370 | 185 | 290 | |
| 90 | 17 | 90.0 | 162 | 145 | 240 | 190 | 170 | 265 | 140 | 250 | 345 | 240 | 335 | 150 | 255 | 355 | 175 | 280 | |
| 100 | 15 | 90.0 | 143 | 140 | 235 | 185 | 165 | 260 | 140 | 245 | 335 | 230 | 325 | 150 | 250 | 345 | 175 | 275 | |
| 112 | 13 | 90.0 | 132 | 120 | - | - | 135 | - | 125 | - | - | 175 | - | 130 | - | - | 145 | - | X4F.. |
| 125 | 12 | 90.0 | 116 | 115 | - | - | 130 | - | 120 | - | - | 165 | - | 125 | - | - | 135 | - | |
| 140 | 11 | 90.0 | 108 | 115 | - | - | 130 | - | 120 | - | - | 165 | - | 125 | - | - | 135 | - | |
| 160 | 9.5 | 90.0 | 94 | 115 | - | - | 125 | - | 115 | - | - | 160 | - | 120 | - | - | 130 | - | |
| 180 | 8.7 | 90.0 | 86 | 105 | - | - | 115 | - | 110 | - | - | 145 | - | 115 | - | - | 125 | - | |
| 200 | 7.7 | 90.0 | 76 | 105 | - | - | 115 | - | 110 | - | - | 140 | - | 110 | - | - | 120 | - | |
| 224 | 6.6 | 90.0 | 66 | 97 | - | - | 105 | - | 105 | - | - | 130 | - | 105 | - | - | 110 | - | |
| 250 | 5.9 | 90.0 | 58 | 96 | - | - | 100 | - | 100 | - | - | 130 | - | 105 | - | - | 110 | - | |
| 280 | 5.3 | 90.0 | 53 | 94 | - | - | 100 | - | 100 | - | - | 125 | - | 100 | - | - | 110 | - | |
| 315 | 4.7 | 90.0 | 47 | 93 | - | - | 98 | - | 99 | - | - | 120 | - | 100 | - | - | 105 | - | |
| 355 | 4.3 | 90.0 | 43 | 87 | - | - | 92 | - | 93 | - | - | 115 | - | 94 | - | - | 99 | - | |
| 400 | 3.8 | 90.0 | 38 | 85 | - | - | 89 | - | 90 | - | - | 110 | - | 91 | - | - | 96 | - | |
| X.F210...n ₁ = 1800 1/min | | | | | | | | | | | | | | | | | | 90 kNm | |
| 7.1 | 247 | 71.4 | 1891 | *) | 540 | 900 | 475 | 840 | *) | *) | *) | *) | *) | *) | *) | *) | *) | X2F.. | |
| 8 | 218 | 75.0 | 1753 | *) | 520 | 850 | 455 | 800 | *) | *) | *) | *) | *) | *) | *) | *) | *) | | |
| 9 | 199 | 76.7 | 1638 | *) | 560 | 870 | 500 | 820 | *) | *) | *) | *) | *) | *) | *) | *) | *) | | |
| 10 | 176 | 79.6 | 1501 | *) | 560 | 860 | 500 | 810 | *) | *) | *) | *) | *) | *) | *) | 440 | *) | | |
| 11.2 | 158 | 82.1 | 1388 | *) | 560 | 850 | 510 | 800 | *) | *) | *) | *) | 395 | *) | *) | 690 | *) | | |
| 12.5 | 139 | 84.8 | 1267 | *) | 560 | 840 | 510 | 800 | *) | *) | *) | *) | 435 | *) | *) | 700 | *) | | |
| 14 | 125 | 85.6 | 1150 | *) | 570 | 840 | 520 | 800 | *) | *) | 550 | 460 | 780 | *) | 370 | 850 | 315 | | |
| 16 | 111 | 86.8 | 1030 | 265 | 560 | 810 | 510 | 780 | *) | *) | 550 | 455 | 760 | *) | 375 | 840 | 310 | | |
| 18 | 98 | 88.0 | 922 | 250 | 520 | 690 | 450 | 700 | *) | 265 | 680 | 570 | 840 | *) | 440 | 830 | 365 | | |
| 20 | 86 | 90.0 | 832 | 240 | 490 | 620 | 415 | 650 | *) | 260 | 640 | 520 | 770 | *) | 420 | 780 | 335 | | |
| 22.4 | 77 | 83.2 | 693 | 180 | 365 | 425 | 290 | 465 | *) | *) | 380 | 265 | 455 | *) | 280 | 520 | 185 | X3F.. | |
| 25 | 68 | 85.1 | 626 | 180 | 360 | 405 | 280 | 455 | *) | *) | 370 | 250 | 440 | *) | 280 | 510 | 175 | | |
| 28 | 61 | 86.0 | 573 | 175 | 340 | 365 | 260 | 420 | *) | 145 | 365 | 245 | 420 | *) | 275 | 480 | 175 | | |
| 31.5 | 54 | 88.8 | 522 | 170 | 335 | 345 | 250 | 410 | *) | 145 | 355 | 230 | 405 | *) | 275 | 470 | 170 | | |
| 35.5 | 49 | 90.0 | 484 | 165 | 325 | 320 | 240 | 390 | *) | 160 | 350 | 225 | 395 | *) | 270 | 450 | 165 | | |
| 40 | 44 | 90.0 | 427 | 165 | 320 | 305 | 230 | 380 | *) | 155 | 340 | 210 | 375 | *) | 265 | 440 | 160 | | |
| 45 | 41 | 90.0 | 396 | 170 | 315 | 290 | 230 | 370 | *) | 265 | 420 | 300 | 445 | 150 | 310 | 460 | 210 | | |
| 50 | 36 | 90.0 | 350 | 165 | 300 | 270 | 220 | 350 | 92 | 250 | 395 | 280 | 420 | 145 | 295 | 440 | 195 | | |
| 56 | 33 | 90.0 | 320 | 170 | 305 | 265 | 220 | 355 | 99 | 260 | 400 | 280 | 420 | 150 | 300 | 440 | 200 | | |
| 63 | 29 | 90.0 | 282 | 160 | 295 | 250 | 205 | 335 | 95 | 250 | 380 | 260 | 395 | 140 | 290 | 420 | 190 | | |
| 71 | 25 | 90.0 | 241 | 155 | 275 | 225 | 190 | 310 | 140 | 275 | 380 | 270 | 395 | 155 | 290 | 395 | 195 | X4F.. | |
| 80 | 22 | 90.0 | 213 | 150 | 270 | 215 | 185 | 300 | 140 | 270 | 370 | 260 | 380 | 155 | 285 | 385 | 190 | | |
| 90 | 20 | 90.0 | 195 | 145 | 260 | 205 | 180 | 290 | 135 | 260 | 355 | 245 | 365 | 150 | 275 | 370 | 180 | | |
| 100 | 18 | 90.0 | 172 | 145 | 255 | 195 | 175 | 285 | 130 | 255 | 350 | 235 | 350 | 145 | 270 | 360 | 175 | | |
| 112 | 16 | 85.1 | 149 | 125 | - | - | 140 | - | 120 | - | - | 180 | - | 130 | - | - | 145 | | - |
| 125 | 14 | 90.0 | 140 | 120 | - | - | 135 | - | 115 | - | - | 170 | - | 125 | - | - | 140 | | - |
| 140 | 13 | 90.0 | 128 | 120 | - | - | 135 | - | 115 | - | - | 165 | - | 125 | - | - | 135 | | - |
| 160 | 11 | 90.0 | 113 | 115 | - | - | 130 | - | 110 | - | - | 160 | - | 120 | - | - | 135 | | - |
| 180 | 10 | 90.0 | 103 | 110 | - | - | 120 | - | 105 | - | - | 150 | - | 115 | - | - | 125 | | - |
| 200 | 9.2 | 90.0 | 91 | 110 | - | - | 120 | - | 105 | - | - | 145 | - | 115 | - | - | 125 | | - |
| 224 | 8.0 | 90.0 | 79 | 100 | - | - | 110 | - | 105 | - | - | 140 | - | 110 | - | - | 115 | - | |
| 250 | 7.0 | 90.0 | 69 | 99 | - | - | 105 | - | 105 | - | - | 135 | - | 105 | - | - | 115 | - | |
| 280 | 6.4 | 90.0 | 63 | 98 | - | - | 105 | - | 105 | - | - | 130 | - | 105 | - | - | 110 | - | |
| 315 | 5.7 | 90.0 | 56 | 96 | - | - | 105 | - | 100 | - | - | 130 | - | 105 | - | - | 110 | - | |
| 355 | 5.2 | 90.0 | 51 | 91 | - | - | 97 | - | 95 | - | - | 120 | - | 98 | - | - | 105 | - | |
| 400 | 4.6 | 90.0 | 45 | 88 | - | - | 94 | - | 92 | - | - | 115 | - | 95 | - | - | 100 | - | |

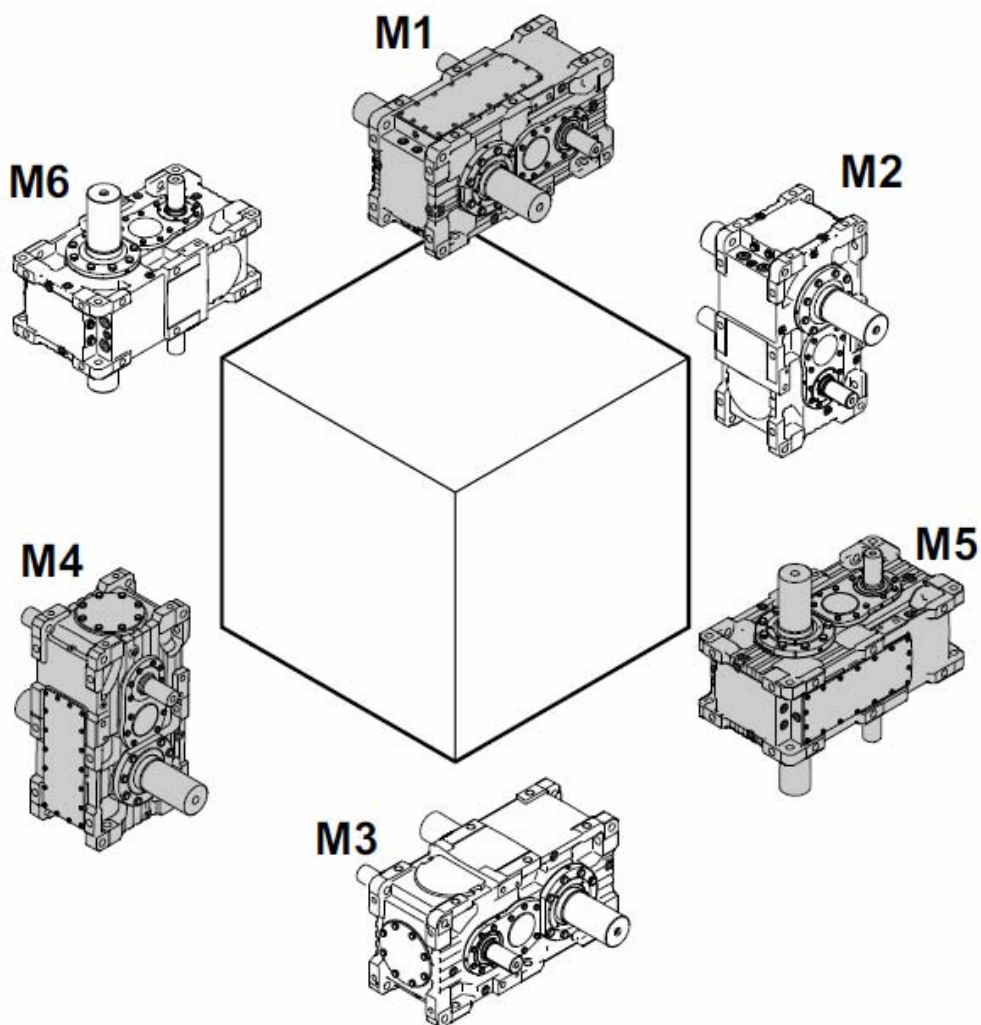
Příloha E: Pracovní polohy čelních převodovek SEW

The mounting position defines the spatial orientation of the gear unit housing and is designated **M1...M6**.

The table below shows the mounting positions.

| | Standard mounting position (shown in gray in the illustration below). | Alternative mounting position |
|-----------------------|---|-------------------------------|
| Horizontal gear units | M1 | M3 |
| Vertical gear units | M5 | M6 |
| Upright gear units | M4 | M2 |

With alternative mounting positions there might be limitations regarding certain options. Contact SEW-EURODRIVE in this case.



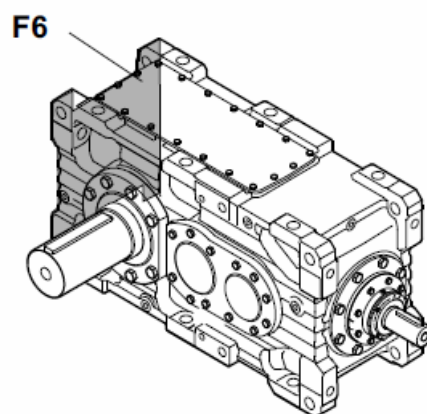
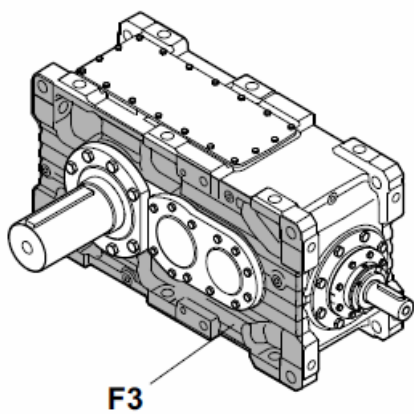
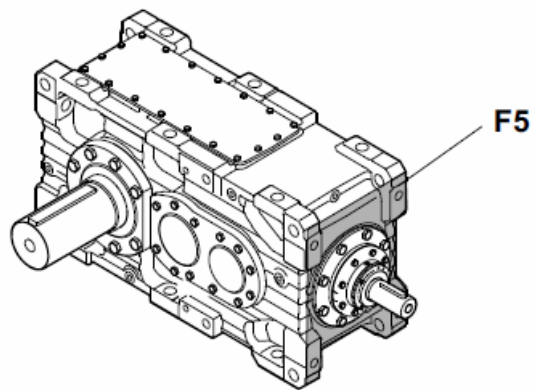
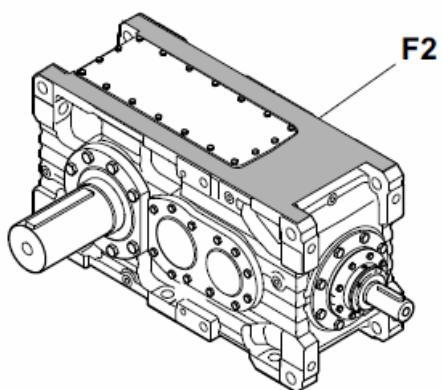
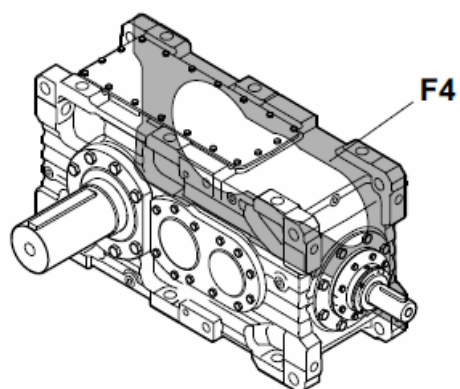
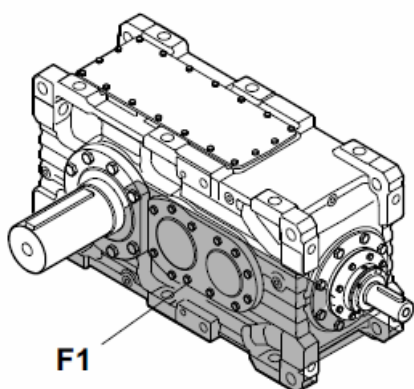
Příloha F: Montážní plochy převodovek SEW

The mounting surface is defined as the surface(s) of a gear unit with

- Foot mounting (X.... /B) or
- Flange mounting (X.... /F),

on which the gear unit is mounted.

SEW-EURODRIVE defines **6** different mounting surfaces (designation **F1F6**).



Příloha G: Parametry spojky REXNORD

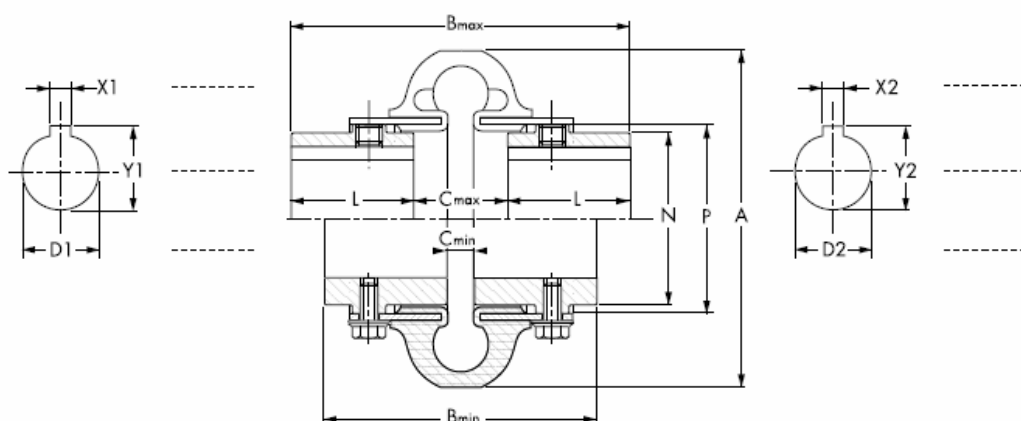
| E | | | |
|---------------------|---------------------------------------|--|--|
| | Standard version | Version standard | Normalausführung |
| 2 ▶ 140 | Size | Taille | Baugröße |
| - / SS / SS2 | Shoes & capscrews material | Matière des coquilles & vis | Schalen- & Schraubenwerkstoff |
| M | Metric | Métrique | Metrisch |
| SHRB / SHCB | Solid hubs | Moyeux pleins | Vollnaben |
| STD / STL | Hubs material | Matière des moyeux | Nabenwerkstoff |

The user is responsible for the provision of safety guards and correct installation of all equipment. Certified dimensions available upon request.

Les dispositifs de protection doivent être prévus par l'utilisateur. Celui-ci est responsable de l'installation correcte de l'ensemble.

Dimensions définitives sur demande.

Der Benutzer ist verantwortlich für die Beistellung der Schutzhauben und das fachgemäße Aufstellen der gesamten Ausrüstung. Verbindliche Maße auf Wunsch.



Remarks :

Unless specified on the order draft, couplings are delivered without boring.
(1) For speeds > nmax : consult factory.
(2) Maximum bores for keyways as per ISO R773.
(3) For maximum bore.

Remarques :

Sans indication à la commande, les accouplements sont livrés non alésés.
(1) Pour des vitesses > nmax : nous consulter.
(2) Alésages maximum pour rainures suivant ISO R773.
(3) Pour alésage maximum.

| Size Taille Baugröße | T _N (Nm) 9550 . kW min ⁻¹ | n _{max} min ⁻¹ (1) | D1 D2 min. max. min. max. | D1 D2 min. max. min. max. | A | B min. max. | B min. max. | C min. max. | C min. max. | L | N | P | J kgm ² (3) | m kg (3) |
|----------------------------|---|--|--|--|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----|-----|-----|------------------------------|----------------|
| 2 | 22 | 7 500 | 13 | 28 | 89 | 84 | 94 | 36 | 46 | 24 | 38 | 47 | 0,00032 | 0,5 |
| 3 | 41 | 7 500 | 13 | 34 | 102 | 84 | 122 | 8 | 46 | 38 | 50 | 59 | 0,00073 | 1,0 |
| 4 | 62 | 7 500 | 13 | 42 | 116 | 84 | 122 | 8 | 46 | 38 | 57 | 66 | 0,0012 | 1,3 |
| 5 | 105 | 7 500 | 13 | 48 | 137 | 97 | 147 | 8 | 59 | 44 | 70 | 80 | 0,0032 | 2,3 |
| 10 | 164 | 7 500 | 13 | 55 | 162 | 97 | 147 | 8 | 59 | 44 | 84 | 93 | 0,0064 | 3,4 |
| 20 | 280 | 6 000 | 19 | 60 | 184 | 113 | 165 | 13 | 65 | 50 | 102 | 114 | 0,016 | 6,8 |
| 30 | 412 | 5 800 | 19 | 75 | 210 | 125 | 182 | 12 | 69 | 58 | 118 | 138 | 0,034 | 10 |
| 40 | 622 | 5 000 | 19 | 85 | 241 | 135 | 202 | 8 | 75 | 63 | 146 | 168 | 0,080 | 17 |
| 50 | 864 | 4 200 | 26 | 90 | 279 | 151 | 230 | 11 | 91 | 70 | 152 | 207 | 0,158 | 24 |
| 60 | 1 412 | 3 800 | 26 | 105 | 318 | 173 | 262 | 8 | 97 | 82 | 165 | 222 | 0,266 | 34 |
| 70 | 2 490 | 3 600 | 32 | 120 | 356 | 189 | 281 | 18 | 109 | 85 | 175 | 235 | 0,366 | 39 |
| 80 | 4 460 | 2 000 | 32 | 155 | 406 | 245 | 377 | 17 | 149 | 114 | 240 | 286 | 1,054 | 77 |
| 100 | 9 600 | 1 900 | 42 | 171 | 533 | 324 | 375 | 44 | 95 | 140 | 267 | 359 | 2,19 | 95 |
| 120 | 19 200 | 1 800 | 48 | 190 | 635 | 362 | 429 | 57 | 124 | 152 | 305 | 448 | 2,93 | 163 |
| 140 | 38 400 | 1 500 | 48 | 229 | 762 | 432 | 483 | 76 | 127 | 178 | 381 | 530 | 4,0 | 280 |

* pro výpočet odpovídá označení jmenovité hodnoty krouticího momentu spojky $T_N = M_{NSI} [Nm]$

Příloha H: Doporučené utahovací momenty pro šrouby z uhlíkové a legované oceli

Příloha I: Parametry ložiska a ložiskového domku FAG

DOPORUČENÉ UTAHOVACÍ MOMENTY PRO ŠROUBY Z UHLÍKOVÉ A LEGOVANÉ OCELI

Maximální uťahovací momenty pro šrouby s metrickým závitem, odpovídající 85 % R_e pro součinitele tření $\mu = 0,15$

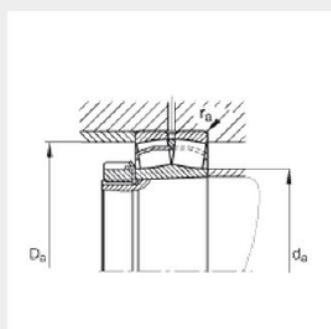
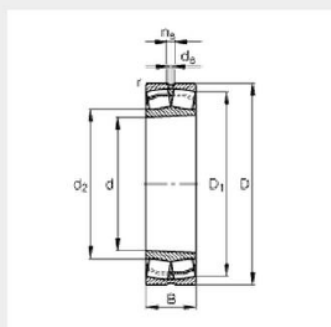
M_U – uťahovací moment (N . m)

F_o – osová síla ve šroubu (N)

| Jmenovitý průměr | Pevnostní třída | 4.6 | | 4.8 | | 5.6 | | 5.8 | | 6.8 | | 8.8 | | 9.8 | | 10.9 | | 12.9 | |
|------------------|-----------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|
| | | 400 | | 400 | | 500 | | 500 | | 600 | | 800 | | 900 | | 1 000 | | 1 200 | |
| | | 240 | | 320 | | 300 | | 400 | | 480 | | 640 | | 720 | | 900 | | 1 080 | |
| Inerovitý průměr | Roztáč | M_U (N . m) | F_o (N) | M_U (N . m) | F_o (N) | M_U (N . m) | F_o (N) | M_U (N . m) | F_o (N) | M_U (N . m) | F_o (N) | M_U (N . m) | F_o (N) | M_U (N . m) | F_o (N) | M_U (N . m) | F_o (N) | M_U (N . m) | F_o (N) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M6 | 1 | 3,7 | 3 113 | 5,2 | 4 410 | 4,6 | 3 891 | 6,4 | 5 448 | 7,3 | 6 226 | 9,7 | 8 302 | 11 | 9 028 | 14,3 | 12 194 | 16,7 | 14 269 |
| M8 | 1,25 | 9,2 | 5 776 | 13 | 8 097 | 11,5 | 7 145 | 16,1 | 10 003 | 18,3 | 11 432 | 24,5 | 15 242 | 27,5 | 17 142 | 35,9 | 22 388 | 42 | 26 198 |
| M10 | 1,5 | 18,2 | 9 103 | 25,7 | 12 896 | 22,7 | 11 379 | 31,8 | 15 930 | 36,3 | 18 206 | 48,4 | 24 275 | 55 | 27 307 | 71 | 35 655 | 83 | 41 724 |
| M12 | 1,75 | 31,4 | 13 725 | 44,4 | 18 806 | 39,2 | 16 594 | 54,9 | 23 231 | 63 | 26 550 | 84 | 35 401 | 96 | 39 827 | 123 | 51 995 | 144 | 60 845 |
| M14 | 2 | 50 | 18 231 | 71 | 25 828 | 63 | 22 789 | 88 | 31 905 | 100 | 36 463 | 133 | 48 618 | 150 | 54 559 | 196 | 71 408 | 229 | 83 563 |
| M16 | 2 | 78 | 25 108 | 110,9 | 35 569 | 98 | 37 385 | 137 | 43 939 | 156 | 50 216 | 209 | 66 955 | 235 | 75 408 | 307 | 98 340 | 359 | 115 079 |
| M18 | 2,5 | 107 | 30 499 | 152 | 43 207 | 134 | 38 123 | 188 | 53 373 | 214 | 60 998 | 286 | 81 330 | 322 | 91 342 | 420 | 119 454 | 492 | 130 787 |
| M20 | 2,5 | 152 | 39 231 | 216 | 55 578 | 190 | 49 039 | 266 | 68 655 | 304 | 78 463 | 406 | 104 617 | 457 | 117 732 | 596 | 153 657 | 698 | 179 811 |
| M22 | 2,5 | 209 | 49 061 | 297 | 69 503 | 262 | 61 326 | 366 | 85 357 | 419 | 98 123 | 588 | 130 830 | 628 | 147 034 | 820 | 192 157 | 960 | 224 865 |
| M24 | 3 | 262 | 56 493 | 371 | 80 032 | 328 | 70 616 | 459 | 98 363 | 524 | 112 986 | 699 | 150 649 | 787 | 169 593 | 1 027 | 221 266 | 1 202 | 258 928 |
| M27 | 3 | 389 | 74 434 | 551 | 105 488 | 486 | 93 042 | 681 | 130 259 | 778 | 148 868 | 1 038 | 198 491 | 1 168 | 223 135 | 1 524 | 291 534 | 1 784 | 341 157 |
| M30 | 3,5 | 528 | 90 436 | 748 | 128 118 | 660 | 113 045 | 924 | 158 263 | 1 056 | 180 872 | 1 408 | 241 163 | 1 585 | 271 380 | 2 069 | 354 309 | 2 421 | 414 500 |
| M33 | 3,5 | 717 | 112 807 | 1 017 | 159 810 | 897 | 141 009 | 1 256 | 197 412 | 1 436 | 225 614 | 1 914 | 300 819 | 2 155 | 338 496 | 2 811 | 441 828 | 3 290 | 517 033 |
| M36 | 4 | 921 | 132 327 | 1 304 | 187 464 | 1 151 | 165 409 | 1 612 | 231 573 | 1 842 | 264 655 | 2 456 | 352 873 | 2 763 | 396 991 | 3 607 | 518 282 | 4 221 | 606 501 |
| M39 | 4 | 1 196 | 159 128 | 1 695 | 225 432 | 1 496 | 198 910 | 2 094 | 278 474 | 2 393 | 318 257 | 3 191 | 424 342 | 3 590 | 477 373 | 4 686 | 623 253 | 5 484 | 729 339 |
| M42 | 4,5 | 1 474 | 182 038 | 2 088 | 257 887 | 1 843 | 227 548 | 2 580 | 318 567 | 2 948 | 364 076 | 3 931 | 485 435 | 4 422 | 546 114 | 5 773 | 772 983 | 6 756 | 834 342 |
| M45 | 4,5 | 1 847 | 213 357 | 2 617 | 302 256 | 2 369 | 266 697 | 3 232 | 373 375 | 3 694 | 426 715 | 4 925 | 568 953 | 5 541 | 640 072 | 7 234 | 835 650 | 8 465 | 977 888 |
| M48 | 5 | 2 230 | 230 893 | 3 159 | 339 849 | 2 788 | 299 867 | 3 903 | 419 813 | 4 461 | 479 787 | 5 948 | 639 716 | 6 691 | 719 680 | 8 736 | 939 582 | 10 222 | 1 099 511 |
| M52 | 5 | 2 872 | 287 909 | 4 069 | 407 871 | 3 590 | 359 886 | 5 027 | 503 841 | 5 745 | 575 818 | 7 661 | 767 757 | 8 618 | 863 727 | 11 251 | 1 127 644 | 13 166 | 1 319 583 |
| M56 | 5,5 | 3 578 | 332 395 | 5 069 | 470 892 | 4 473 | 415 493 | 6 262 | 581 690 | 7 157 | 664 789 | 9 543 | 886 385 | 10 735 | 997 184 | 14 016 | 1 301 879 | 16 401 | 1 523 475 |
| M60 | 5,5 | 4 442 | 388 266 | 6 294 | 550 044 | 5 553 | 485 333 | 7 775 | 679 466 | 8 885 | 776 532 | 11 847 | 1 035 376 | 13 328 | 1 164 798 | 17 400 | 1 520 709 | 20 362 | 1 779 553 |
| M64 | 6 | 5 347 | 439 205 | 7 575 | 622 207 | 6 684 | 549 006 | 9 358 | 768 609 | 10 694 | 878 410 | 14 259 | 1 771 213 | 16 041 | 1 317 615 | 20 943 | 1 720 220 | 24 508 | 2 013 023 |
| M68 | 6 | 6 470 | 503 456 | 9 166 | 713 230 | 8 088 | 629 321 | 11 323 | 881 049 | 12 940 | 1 006 913 | 17 253 | 1 342 550 | 17 792 | 1 384 505 | 25 341 | 1 971 871 | 29 655 | 2 307 509 |
| M72 | 6 | 7 742 | 672 187 | 10 969 | 810 599 | 9 678 | 715 234 | 13 550 | 1 001 328 | 15 486 | 1 144 375 | 20 647 | 1 525 833 | 21 293 | 1 573 516 | 30 326 | 2 241 968 | 35 488 | 2 622 526 |
| M76 | 6 | 9 167 | 645 181 | 12 987 | 914 007 | 11 459 | 806 477 | 16 042 | 1 129 067 | 18 334 | 1 290 363 | 24 446 | 1 720 483 | 25 210 | 1 774 249 | 35 905 | 2 526 960 | 42 016 | 2 957 081 |
| M80 | 6 | 10 759 | 722 656 | 15 243 | 1 023 762 | 13 450 | 903 319 | 18 830 | 1 264 647 | 21 520 | 1 445 311 | 28 693 | 1 927 082 | 29 589 | 1 987 303 | 42 143 | 2 830 401 | 49 316 | 3 312 171 |
| M80 | 6 | 10 401 | 825 321 | 14 745 | 1 169 205 | 13 001 | 1 031 651 | 18 202 | 1 444 311 | 29 802 | 1 650 462 | 27 736 | 2 200 856 | 28 603 | 2 269 632 | 40 737 | 3 232 507 | 47 672 | 3 782 721 |
| M90 | 6 | 15 586 | 935 141 | 22 080 | 1 324 782 | 19 483 | 1 168 926 | 27 276 | 1 636 496 | 31 772 | 1 870 281 | 41 563 | 2 403 708 | 42 862 | 2 571 637 | 61 046 | 3 662 634 | 71 437 | 4 286 061 |

Spherical roller bearings 23232-E1-K-TVPB

main dimensions to DIN 635-2, with tapered bore, taper 1:12



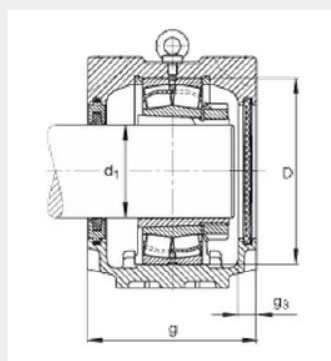
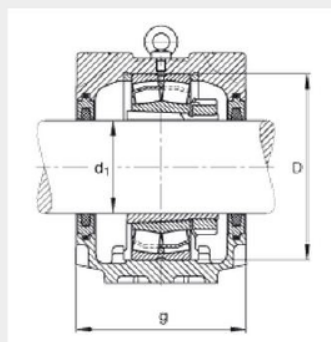
| | |
|--------------------------|----------|
| d | 160 mm |
| D | 290 mm |
| B | 104 mm |
| D₁ | 249,3 mm |
| D_a max | 276 mm |
| d₂ | 186,7 mm |
| d_a min | 174 mm |
| d_s | 8 mm |
| n_s | 15 mm |
| r_a max | 2,5 mm |
| r_{min} | 3 mm |

| | | |
|-----------------------|------------|-----------------------------------|
| m | 27,7 kg | Mass |
| C_r | 1460000 N | Basic dynamic load rating, radial |
| e | 0,34 | |
| Y₁ | 2 | |
| Y₂ | 2,98 | |
| C_{0r} | 1910000 N | Basic static load rating, radial |
| Y₀ | 1,96 | |
| n_G | 2200 1/min | Limiting speed |
| n_B | 1280 1/min | Reference speed |
| C_{ur} | 146000 N | Fatigue limit load, radial |

Plummer block housings SNV290-L + 23232-E1-K-TVPB + H2332 + FSV532

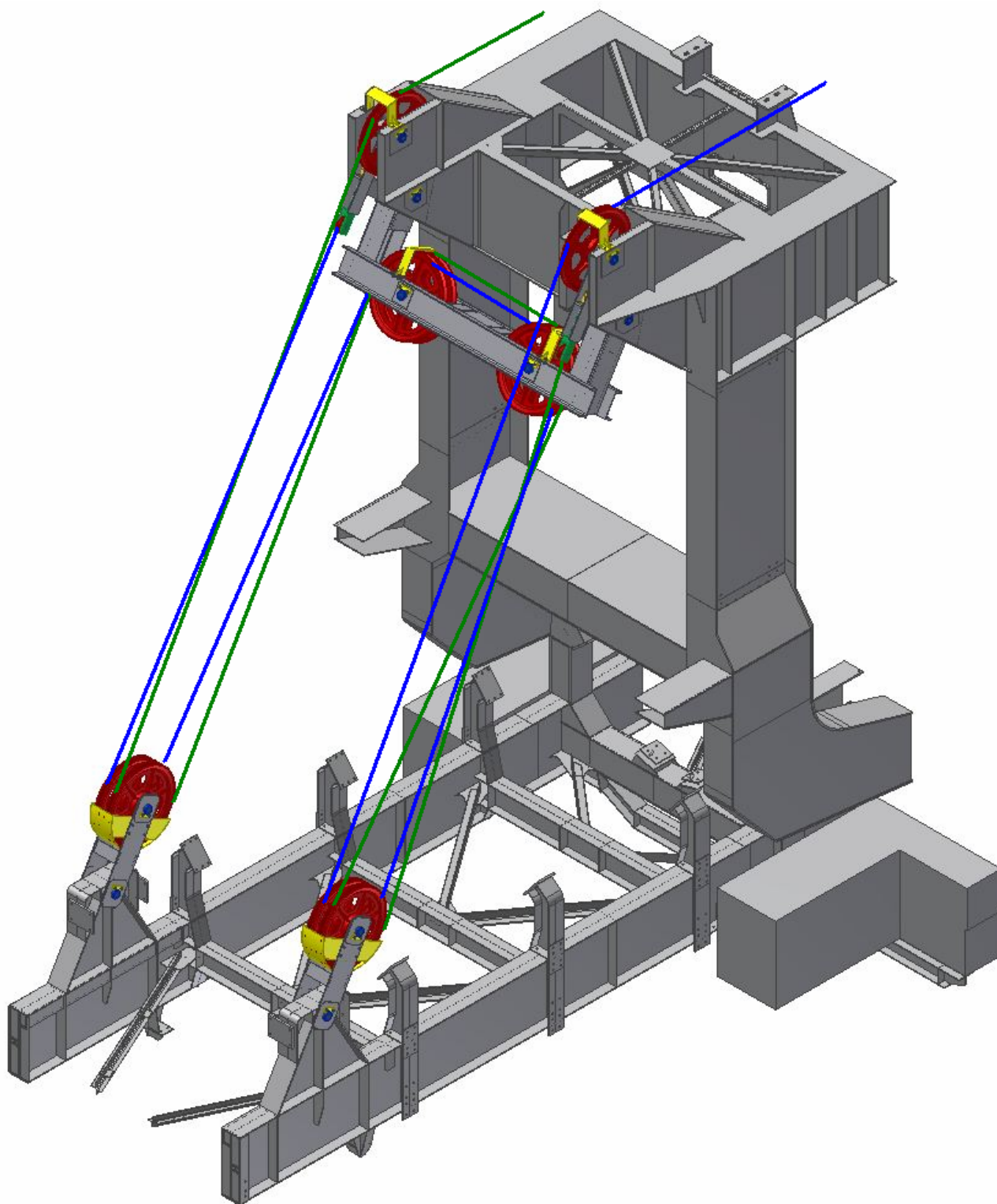
main dimensions to DIN 736/DIN737, split, for spherical roller bearings with tapered bore and adapter sleeve, with felt seals, for grease and oil lubrication

Accessories



| | |
|----------------------|------------|
| a | 550 mm |
| h₁ | 351 mm |
| g | 225 mm |
| b | 160 mm |
| c | 60 mm |
| D | 290 mm |
| d₁ | 140 mm |
| g₃ | 18 mm |
| h | 170 mm |
| m | 470 mm |
| s | M30 mm |
| s | 1 1/4 inch |
| u | 35 mm |
| v | 42 mm |

| | | |
|----------------------|-----------------|-----------------------------|
| m₁ | 53,8 kg | Mass, housing |
| | 23232-E1-K-TVPB | Designation, bearing |
| | H2332 | Mass, adapter sleeve |
| | FRM290/5 | Designation, locating ring |
| | FSV532 | Designation, felt seal |
| | DKV290 | Designation, cover |
| | SNV-K | Designation, housing series |



Příloha K: 3D model zdvihového vrátku

